

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»  
УДК 004.042

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ І.Р. Пархомей  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: “Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної діагностики”

Виконав (-ла): студент (-ка) другого курсу, групи ІК-72мп  
(шифр групи)

Войтюк Орест Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Чумаченко Олена Іллівна  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(назва розділу)

\_\_\_\_\_ (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ І.Р. Пархомей  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Войтюку Оресту Олександровичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної діагностики», \_\_\_\_\_  
науковий керівник дисертації доцент, к.т.н., доцент Чумаченко О.І., \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 07 листопада 2018 р. № 4112-с

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження – є медична система що повинна покращити результати лікарської діагностики за допомогою алгоритмів постановки діагнозу.

4. Предмет дослідження – є комплекс теоретичних, методологічних та практичних проблем побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в задачах медичної діагностики.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити – аналіз проблеми та огляд існуючих рішень; розробка математичної моделі СППРЛ; розробка алгоритму обробки зображень для отримання діагностично значимих параметрів; розробка веб-сайту підтримки прийняття діагностичних рішень лікарем.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу – шість плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій – одна публікація

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз предметної області	15.09.2018 р.	
2	Постановка задачі	17.09.2018 р.	
3	Аналіз інформаційного забезпечення	22.09.2018 р.	
5	Аналіз алгоритмічного забезпечення	27.09.2018 р.	
6	Розробка алгоритмічного забезпечення	17.10.2018 р.	
7	Розробка програмного забезпечення	05.11.2018 р.	
8	Маркетинговий аналіз стартап-проекту	15.11.2018 р.	
9	Висновки	20.11.2018 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Войтюк О.О.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Чумаченко О.І.

(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто проблему в області медичної діагностики та постановки діагнозу, особливо коли діагноз відноситься до пухлинного процесу, показано основні особливості існуючих рішень, їх переваги та недоліки.

Розроблено систему підтримки прийняття рішення лікарем. Дана система може бути використана у діагностичних закладах, лікарнях, університетах. Дана система надає можливості постановки діагнозу за допомогою продукційних моделей, дерев рішень та семантичних мереж.

Головною відмінною рисою є можливість діагностування пухлинного процесу завдяки обробці графічних результатів діагностики за допомогою штучних нейронних мереж.

Дана система дозволяє зменшити кількість проведених досліджень для постановки діагнозу та збільшити його точність. Вона забезпечує можливість проведення діагностики для виявлення пухлинного процесу. Ключовою перевагою, є те що діагнози встановленні недостатньо досвідченими лікарями будуть точнішими і швидше встановленими. Все це дозволяє зменшити навантаження на діагностичні заклади, через збільшення швидкості встановлення діагнозів, та зменшити витрати пацієнтів.

Ключові слова: СППРЛ, Python, TensorFlow, Keras, JS, jsTree, jQuery, ШНМ.

Розмір пояснювальної записки – 113 аркушів, містить 35 ілюстрацій, 22 таблиці, 6 додатків.

## ABSTRACT

The problem is considered in the field of medical diagnostics and diagnosis, especially when the diagnosis relates to the tumor process. The advantages and disadvantages of existing solutions are shown.

A decision support system has been developed for the doctors. This system can be used in diagnostic institutions, hospitals, universities. This system provides the ability to diagnose using production models, decision trees and semantic networks.

The main distinguishing feature is the ability to diagnose the tumor process by processing graphical results of diagnosis using neural networks.

This system allows reducing the number of studies conducted to diagnose and increase its accuracy. It provides an opportunity for diagnostics to detect the tumor process. A key advantage is that the diagnosis of the installation by the under-experienced doctors will be more accurate and faster established. All this allows you to reduce the burden on diagnostic facilities, due to the increased speed of diagnosis, and to reduce the price for patients.

Keywords: DMSSFD, Python, TensorFlow, Keras, JS, jsTree, jQuery, Neural networks.

Explanatory note size – 113 pages, contains 35 illustrations, 22 tables, 6 applications.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ...	7
1.1 Сучасні проблеми.....	7
1.2 Огляд існуючих рішень .....	7
1.3 Визначення СППРЛ, цілі і завдання .....	8
1.4 Технології створення СППРЛ.....	9
1.4.1 Продукційна модель .....	10
Продукційна модель .....	10
1.4.2 Дерева рішень.....	11
1.4.3 Семантичні мережі.....	11
1.5 Класифікація захворювань.....	13
1.6 Концепція розробки створення web-сайту .....	15
Висновки до розділу .....	15
РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДІАГНОСТИЧНО ЗНАЧИМИХ ПАРАМЕТРІВ.....	17
2.1 Проблеми отримання та обробки графічних діагностичних даних.....	17
2.2 Рентгенологічний метод діагностики .....	17
2.3 Комп'ютерна томографія.....	17
2.4 Принципи утворення пошарового зображення. ....	18
2.4.1 Побудова інтелектуальної системи діагностики патології щитовидної залози .....	22
2.4.1 Загальна постановка задачі розпізнавання образів для виявлення неформалізованих елементів .....	24
2.4.2 Використання глибоких нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання образів неформалізованих елементів .....	24
2.4.3 Згорткові нейронні мережі підвищеної ефективності .....	25
2.4.3.1 Принцип організації згорткової мережі .....	25

2.4.3.2. Класифікація шарів згорткової мережі .....	27
2.4.3.3 Згортковий шар .....	29
2.4.3.4 Агрегуючий шар .....	34
2.4.3.5 Повнозв'язний шар .....	37
2.4.3.6 Навчання згорткової нейронної мережі .....	37
2.4.3.7 Методи запобігання перенавчання .....	42
2.4.4 Побудова навчальної вибірки для глибоких нейронних мереж оброблення неструктурованих зображень .....	44
Висновки до розділу .....	47
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ САЙТУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЕМ.....	49
3.1 Концептуальна модель СППРЛ діагностичних рішень .....	49
3.2 Розробка математичної моделі СППРЛ у вигляді диференціальних алгоритмів діагностики захворювань .....	52
3.2.1 Діагностика захворювань.....	52
3.2.2 Математична модель СППРЛ.....	56
3.3 Структурна схема СППРЛ діагностичних рішень .....	62
3.4. Вибір програмних засобів .....	65
3.5 Алгоритми роботи блоків веб-сайту СППРЛ.....	69
Висновки до розділу .....	79
РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	81
4.1 Опис ідеї проекту .....	83
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	85
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	87
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	94
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	97
Висновки до розділу .....	101
ВИСНОВКИ .....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	105

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СППРЛ – система підтримки прийняття рішення лікарем;

МКХ – міжнародна класифікація хвороб;

КТ – комп’ютерна томографія;

РО – рентгенологічне обслідування;

УЗД – ультразвукова діагностика;

ІДС – інтелектуальна діагностична система;

ШНМ – штучна нейронна мережа;

ЗНМ – згорткова нейронна мережа;

КД - конвертер даних;

БВД - блок введення даних;

БД – база даних;

БЗ – база знань;

БСДА - блок створення діагностичного алгоритму;

БПР – блок прийняття рішень;

БФВ - блок формування висновку;

АП – аналітичні показники;

ФП – фізичні показники



## ВСТУП

У сучасній медицині ефективність роботи персоналу і надання медичної допомоги ЛПЗ залежить від лікувальних призначень та рекомендацій лікаря, який приймає рішення. Тому для забезпечення якості медичних послуг особлива увага приділяється на проблему раціональної постановки клінічного діагнозу захворювання.

Ця проблема ускладнюється відсутністю у лікарів достатнього досвіду, швидкого розвитку медицини і брак часових ресурсів на підвищення кваліфікації та досвіду роботи персоналу, наслідком чого стають використання дублюючих досліджень і даремно проведені дорогі і непотрібні лікування.

В даний час активно розвиваються системи інформаційного забезпечення охорони здоров'я. Одним з перспективних напрямків сучасного етапу інформатизації охорони здоров'я є розробка комп'ютеризованих систем підтримки прийняття рішень лікарем. Збільшення методів і технологій дослідження діагностики захворювань висувають вимоги до створення СППРЛ, що підвищують ефективність медичних послуг практикуючим лікарям при прийнятті лікувально-діагностичних рішень. Процес прийняття цих рішень при постановці діагнозу захворювання в сучасних умовах неможливий без залучення експертних систем. Застосування такої системи надання інформаційної підтримки для надання допомоги лікарям в процесі діагностики з використанням нових знань і технологій, сприяє підвищенню ефективності лікування, зниження числа лікарських помилок і оптимізації витрат на лікування, що в кінцевому підсумку призведе до зниження захворюваності і смертності.

Об'єктом дослідження даної магістерської дисертації є медична система, що повинна покращити результати лікарської діагностики за допомогою алгоритмів постановки діагнозу.

Предметом дослідження є комплекс теоретичних, методологічних та практичних проблем побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в задачах медичної діагностики.

Метою даної дисертації є створення медичної системи підтримки прийняття лікарем діагностичних рішень для підвищення якості надання медичних послуг, на основі автоматизованих, диференціальних алгоритмів постановки діагнозу.

Для досягнення цієї мети повинні бути вирішені наступні завдання:

- Огляд існуючих методів і технологій створення СППРЛ;
- Розробка математичної моделі СППРЛ у вигляді диференціальних алгоритмів діагностики захворювань;
- Розробка алгоритму обробки зображень для отримання діагностично значимих параметрів за допомогою ШНМ;
- Розробка концептуальної моделі СППРЛ діагностичних рішень;
- Розробка структурної схеми програми СППРЛ;
- Розробка web-сайту підтримки прийняття діагностичних рішень лікарем.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Сучасні проблеми

На даний момент Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) поширює офіційну статистику, в якій йдеться про три основних причин смертності в світі. Згідно даній статистиці на першому місці стоять хвороби серцево-судинної системи, потім рак і інші хвороби, в тому числі ДТП. Однак нещодавно вийшла статистика, де фахівці з медичної школи університету Джонса Хопкінса прийшли до висновку, що якщо визнати лікарські помилки, то вони займуть третє місце серед основних причин смерті після захворювання серцево - судинної системи та раку. Також вчені вважають, що несвоєчасні, недостатньо ретельно проведені і / або помилкові діагностики, рівно як і неправильні і / або надмірні лікування, ймовірно, є причинами понад 250 тисяч смертей в країні за 2017 рік.

Як повідомляє Washington Profile, щорічно в американських лікарнях 400 тисяч разів роблять помилкові призначення, видають хворим неправильні дози ліків або взагалі не ті препарати. Перераховані вище проблеми постановки діагнозу зустрічаються не тільки на території США, але і охоплюють медичні установи в нашій країні.

### 1.2 Огляд існуючих рішень

З розглянутих шляхів вирішення проблеми з метою поліпшення якості надання медичних послуг доцільно надати практикуючим лікарям доступ до науково-обґрунтованих медичними джерелами у вигляді систем підтримки прийняття діагностичних рішень. На сьогоднішньому етапі розвитку комп'ютерних технологій існують автоматизовані програми СППРЛ, які

взаємодіють з електронними версіями баз даних пацієнтів ЛПУ, але, на жаль, в вузькоспеціалізованих напрямках. У числі розробок програм СППРЛ є комп'ютерна система для лікаря-дерматолога, призначена для адміністрації шкірно-венерологічного диспансеру, існує діагностична програма «Підтримка рішень за діагнозом і терапії психічних розладів» для лікарів-психіатрів, створена на об'єктно-орієнтованій мові програмування «Borland Delphi». В рамках існуючих медичних сайтів, що підтримують прийняття діагностичних рішень, в більшій мірі зустрічаються електронно-довідкові та консультативні сайти, що описують симптоми захворювань, методи лікування, лікарські засоби, стандарти медичної допомоги, довідники методів діагностики.

Система підтримки прийняття рішень лікаря (СППРЛ) в рамках розробки медичного веб-сайту для лікарів різних спеціалізацій буде спрямована на залучення лікарів-експертів та їх методів діагностики захворювань, що сприяє якісним і ефективним лікувальним діям практикуючого лікаря.

### 1.3 Визначення СППРЛ, цілі і завдання

Система підтримки прийняття рішення лікарем діагностичних рішень (СППРЛ) - це комп'ютерна автоматизована система, орієнтована для лікарів різних спеціалізацій, завдяки якій полегшується процес прийняття рішення діагностики та лікування захворювання.

Основними завданнями СППРЛ є:

- надання практикуючим лікарям відповідей по постановці діагнозу, в умовах невизначеності, з урахуванням оцінки обмежень які сформувались і уподобань пацієнта;
- введення, зберігання, зміна, видалення даних і їх аналіз;
- формування списку різних варіантів діагностики;

- розробка алгоритму обробки зображень для отримання діагностично значимих параметрів;
- вибір найкращого і варіанту діагностики захворювання, виходячи з обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем.

Метою СППРЛ, є допомога лікаря-фахівця, що приймає рішення при повному і об'єктивному аналізі даного захворювання. Дана система допомагає розглядати альтернативні підходи діагностики захворювання і спрогнозувати найкращий підхід до вирішення проблеми. Тим самим на підставі отриманих даних лікаря-фахівця надається можливість вибору засобів і методів постановки діагнозу у вигляді автоматизованих диференціальних алгоритмів діагностики захворювань. В даному випадку, сукупність критеріїв, які висуваються лікарем і пацієнтом, грає важливу роль в складанні диференціального алгоритму.

#### 1.4 Технології створення СППРЛ

Сьогодні створює інформацію, її оцінює, класифікує і актуалізує все це як і раніше виконує людина. Як включити комп'ютер в ці процеси? Якщо комп'ютер поки не можна навчити розуміти людську мову, то потрібно використовувати мову, яка була би зрозуміла комп'ютеру . Тому ставиться проблема в необхідності інтелектуалізації комп'ютерних технологій за допомогою створення структури бази знань в рамках технології проектування СППРЛ у вигляді інформаційних і взаємопов'язаних між собою процесів пошуку діагностичних завдань.

Основа створення діагностики захворювань розглядається як модель людського мислення. Щоб зрозуміти модель людського інтелекту необхідно розглянути механізми виконання різних функцій мозку для вирішення діагностичних завдань. І все ж з огляду на те, що обробка даних і створення

алгоритмів пошуку рішень проблеми, обґрунтовуються самою людиною для вирішення діагностично складних завдань.

Сутністю цих завдань є автоматизація діяльності (в тому числі і розумової - інтелектуальної) людини, яка призведе до розширення можливостей і посилення здібностей людського мислення .

Технологія СППРЛ повинна представляти автоматизовану діяльність розумового процесу людини, яка використовує математичні моделі, алгоритми і накопичені дослідни і знання експертів для формування постановки діагнозу. Вона являє собою складний механізм аналізу і прогнозування на основі початкових медичних даних, здатна обробляти, зіставляти і виявляти зв'язки між вхідними показниками. Суть прогнозування полягає в обґрунтуванні отриманих суджень шляхом використання причинно-наслідкових правил, фактів або імовірнісних характеристик визначення симптомів, за допомогою яких полегшиться процес пошуку діагностичного рішення.

Основним результатом досліджень в області штучного інтелекту є не тільки розробка різного виду інтелектуальних систем, а й створення технологій, що дозволяють швидко розробляти інтелектуальні системи, що мають практичну цінність .

Для цього розглянемо наступні основні типи моделей створення технологій СППРЛ:

- продукційні моделі;
- семантичні мережі;
- дерева рішень.

#### 1.4.1 Продукційна модель

Продукційна модель або модель заснована на правилах, дозволяє уявити знання у вигляді пропозицій типу «Якщо А, то В». У загальному випадку

продукційну модель можна представити в наступному вигляді :

$$X = \langle K, R, A \rightarrow B; F \rangle (1),$$

де  $K$  - опис класу ситуацій,  $R$  - умова, при якому продукція активізується,  $A \rightarrow B$  - ядро продукції,  $F$  - марнослів'я продукційного правила,  $X$  - ім'я продукції, за допомогою якої дана продукція виділяється зі всієї множини продукцій. Як ім'я може виступати порядковий номер продукції в їх множині, що зберігається в пам'яті системи.

Продукційна модель являє собою алгоритм пошуку рішення з нелінійним розвитком, тобто мета може бути досягнута різними шляхами, чи не бути досягнутою взагалі. Перевагою в застосуванні даного підходу вважається простота і легкість внесення змін.

#### 1.4.2 Древа рішень

Древа рішень є послідовними ієрархічними структурами, що складаються з вузлів, які містять правила, тобто логічні конструкції виду «якщо ..., то ...». Кінцевими вузлами дерева є «листя», відповідні знайденим рішенням і об'єднують кілька об'єктів, що класифікується вибіркою. Подання знань за допомогою дерева рішень дозволяє змодельовати генерацію рішень, використовуючи зрозумілі і прості способи з'єднання вихідних даних по набору простих правил.

#### 1.4.3 Семантичні мережі

Мережева модель представляється трьома основними складовими семантики:

- поняття - представляють собою відомості про абстрактні або конкретні (фізичні) об'єкти предметної області;
- події - це дії, які можуть внести зміни в предметну область, тобто змінити стан предметної області;

- властивості - використовуються для уточнення понять і подій.

Властивості які стосуються понять, описують їх особливості та характеристики, наприклад колір, розмір, якість, а стосовно подій - тривалість, місце, час і т.д. .

Слово «семантична» в узагальненому вигляді визначається як «сміслова», тобто семантична мережа - це орієнтований граф, яка визначає смисловий взаємозв'язок описуваних понять, де вершинами вважаються дані поняття, а дуги графа вказують на відносини між ними. У більшості випадків дана мережева модель може бути застосована для вивчення, запам'ятовування і аналізу вхідних даних.

Відносини, що подаються дугами, служать для формального опису сенсу різних видів знань, в семантичній мережі зв'язки між вершинами-поняттями можуть бути різними.

Використовуються такі типи зв'язку:

- зв'язки типу «частина-ціле» ( «елемент-клас», «рід-вид»);
- функціональні зв'язки (визначені зазвичай дієсловами «вчить», «володіє» і т. д.);
- кількісні зв'язки (більше, менше і т. д.);
- просторові зв'язки (далеко, близько і т. д.);
- тимчасові зв'язки (скоро, довго, раніше, пізніше і т. д.);
- атрибутивні зв'язку (має властивість, має значення);
- логічні зв'язки (І, АБО, НЕ) .

Типи відносин слід вибирати в залежності від виду семантичної мережі та і розв'язуваної задачі.

На основі даної моделі розробляються системи штучного інтелекту, що формалізують конкретні знання в структуру семантичної моделі.



## 1.5 Класифікація захворювань

Існують стандартні способи класифікації захворювань:

- через що викликаються прояви (спадкові, інфекційні, неінфекційні);
- на основі ураженого органу;
- за статтю та віком людини;
- за місцем екологічного середовища;
- по тривалості захворювання та інші.

Розглянемо наступний варіант класифікатора захворювань, що охоплює всі сфери діяльності персоналу в медицині, і застосовується в широких колах користування.

В даний час діє Міжнародна класифікація хвороб Десятого перегляду (МКХ-10, ICD-10). Дана класифікація є нормативним документом, що забезпечує єдність методичних підходів і міжнародної порівняності матеріалів. МКХ використовується для перетворення словесного формулювання діагнозів хвороб і інших проблем, пов'язаних зі здоров'ям, в буквено-цифрові коди, які забезпечують зручність зберігання, вилучення та аналізу даних. З урахуванням того, що МКХ є провідним статистичним довідником для інтерпретації всіх даних про захворюваність, вона широко охоплює всі країни, регіони зараз і в подальшому розвитку медицини. Тому МКХ-10 може бути застосована з метою діагностичної класифікації всіх видів хвороби, що спростить процес пошуку діагностики, обмеживши знаходження необхідної діагностики по класах захворюваності МКХ.

Міжнародна класифікація хвороб:

- Клас I. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби;
- Клас II. Новоутворення;

- Клас III. Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення з залученням імунного механізму;
- Клас IV. Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин;
- Клас V. Розлади психіки та поведінки;
- Клас VI. Хвороби нервової системи;
- Клас VII. Хвороби ока та його придаткового апарату;
- Клас VIII. Хвороби вуха та соскоподібного відростка;
- Клас IX. Хвороби системи кровообігу;
- Клас X. Хвороби органів дихання;
- Клас XI. Хвороби органів травлення;
- Клас XII. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини;
- Клас XIII. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини;
- Клас XIV. Хвороби сечостатевої системи;
- Клас XV. Вагітність, пологи і післяпологовий період;
- Клас XVI. Окремі стани, що виникають у пренатальному періоді;
- Клас XVII. Вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення;
- Клас XVIII. Симптоми, ознаки та відхилення від норми, виявлені при клінічних та лабораторних дослідженнях, не класифіковані в інших рубриках;
- Клас XIX. Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин;
- Клас XX. Зовнішні причини захворюваності та смертності;
- Клас XXI. Фактори, що впливають на стан здоров'я населення та звертання до закладів охорони здоров'я.

## 1.6 Концепція розробки створення web-сайту

Більшість сучасних підходів до створення СППРЛ припускають використання концептуальної моделі системи, як засобу або способу реалізації автоматизованої СППРЛ. Одним з методів розробки концептуальної моделі СППРЛ є технологія проектування диференціальної алгоритмізації діагностичних даних, з яких обрана графічна модель семантичної мережі. Застосування семантичної мережі у вигляді математичного апарату діагностики захворювання в СППРЛ дозволить врахувати всілякі зв'язки між показниками патологій.

Розробка подібної мережевої моделі вимагає спеціалізованого класифікатора захворювань, обумовлена простотою і широким колом застосування всіх сфер медицини. Для цього в рамках розроблюваної системи доцільно обрана класифікація захворювань по МКХ-10, спрямована на процес пошуку діагностики по категорії захворюваності, та виходячи із даних отриманих графічною діагностикою.

### Висновки до розділу

У першому розділі проведено аналіз існуючих рішень та предметної області, розглянуто сучасні проблеми розробки систем підтримки прийняття рішень.

Система підтримки прийняття лікарем діагностичних рішень (СППРЛ) - це комп'ютерна автоматизована система, орієнтована для лікарів різних спеціалізацій, завдяки якій полегшується процес прийняття рішення діагностики та лікування захворювання.

Технологія СППРЛ повинна представляти автоматизовану діяльність розумового процесу людини, яка використовує математичні моделі, алгоритми

і накопичені дослідни і знання експертів для формування постановки діагнозу. Було зроблено висновок, що на даний час відсутня система, яка б надавала необхідний функціонал. В результаті проведеного аналізу сформульована постановка задачі, наведене призначення, цілі та задачі розробки.

## РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДІАГНОСТИЧНО ЗНАЧИМИХ ПАРАМЕТРІВ

### 2.1 Проблеми отримання та обробки графічних діагностичних даних

Застосування різноманітних методів діагностики необхідно для виявлення пухлинного процесу, визначення його стадії і вибору тактики лікування хворих, які страждають на онкологічні захворювання. У багатьох випадках для диференціальної діагностики необхідно провести кілька досліджень, використовуючи різні методи. Плануючи дослідження, перш за все, необхідно враховувати індивідуальні особливості пацієнта і особливості перебігу захворювання, а також знати принципи, можливості і обмеження кожного з методів, щоб забезпечити максимально ефективну діагностику і лікування.

### 2.2 Рентгенологічний метод діагностики

Досить важливим в діагностиці новоутворень є рентгенологічне дослідження. За допомогою нього можна підтвердити виявлення пухлини, патології, а також оцінити розміри, структуру та форму, визначити контури новоутворень, виявити ознаки метастатичного ураження лімфатичних вузлів, підтвердити наявність метастазів у віддалених органах.

Рентгенологічне обстеження – це метод розпізнавання, що застосовується для діагностики пухлин легень, шлунку та товстої кишки. Як результат цей метод використовується для обстеження хворих з онкологією. На сьогоднішній день рентгенологія широко застосовує рентгенологічне дослідження і з контрастуванням органу.

Рентгенівська комп'ютерна томографія – це метод, заснований на отриманні пошарового зображення, який значно розширив можливості

діагностики. Завдяки тому, що цей метод володіє високою роздільною здатністю, він дозволяє визначити розмір пухлини з високою точністю, поширення пухлинної інфільтрації на сусідні тканини та орган, їх здавлення або відсування. Також надає можливість виявити збільшення лімфатичних вузлів і метастатичне ураження віддалених органів, визначити стан нормальних органів та тканин, великих судин. Комп'ютерна томографія може використовуватися для діагностування всього тіла. Особливо вона інформативна в задачах дослідження органів, що глибоко розташовані. До них можна віднести: головний мозок, органи грудної порожнини та середостіння, органи черевної порожнини та позачеревного простору, малого тазу. Можливості, які може надати рентгенівська комп'ютерна томографія, суттєво перевершують звичайні рентгенологічні методи в діагностиці метастатичного ураження легень. Однак, метод повинен використовуватися після завершення обстеження ультразвуковою діагностикою для виключення пухлини ЦНС, грудної клітки, нирок, наднирників, середостіння, кісток, підшлункової залози.

### 2.3 Комп'ютерна томографія

Комп'ютерна томографія (КТ) – сучасний метод променевої діагностики, за допомогою якого можна отримати пошарове зображення будь-якої області людини товщиною зрізу від 0,5 до 10мм, а також визначити локалізацію і поширеність патологічного процесу, оцінити стан органів і тканин, що досліджуються.

Робота рентгенівського томографа ґрунтується на просвічуванні області, що досліджується тонким пучком рентгенівських променів по колу та перпендикулярно осі тіла, реєстрації випромінювання, що ослабло з протилежного боку системою детекторів для подальшого перетворення в

електричні сигнали. Рентгенівські промені поглинаються різними тканинами в різній кількості, проходячи через тіло людини. Після цього х-промені потрапляють на чутливу матрицю, яка зчитується комп'ютером. Тому є можливість отримати чітке зображення декількох зрізів тіла, які при обробці стають діагностично придатним тривимірним зображенням, яке дає можливість дослідити топографію органів пацієнта, локалізацію, протяжність і характер спалахів захворювань, їх зв'язок з іншими тканинами навколо.

Всі цифрові методи пошарових досліджень, такі як: магнітно-резонансна терапія, однофазна емісійна комп'ютерна томографія, цифрова рентгенографія, позитронно-емісійна комп'ютерна томографія є нащадками рентгенівської комп'ютерної томографії. Комп'ютерна томографія є провідним сучасним методом вивчення хвороб головного та спинного мозку, хребта, легенів та середостіння, печінки, підшлункової, нирок та наднирників і ряду інших органів. Зазвичай РКТ називають просто комп'ютерною томографією.

Рентгенівська комп'ютерна томографія має ряд переваг:

- Висока тканинна роздільна здатність;
- Відсутнє накладення органів і тканин – немає закритих зон;
- Надає можливість оцінки співвідношення органів, що досліджуються;
- Можливість отримати різну додаткову інформацію через використання сторонніх програм.

Головною відмінністю КТ від звичайного рентгена є те, що комп'ютерний томограф дає можливість дослідити м'які тканини. Це в свою чергу дає можливість виявлення хвороб на ранніх стадіях. Наприклад вилікувати пухлину, доки вона не великих розмірів і піддається хірургічному лікуванню.

## 2.4 Принципи утворення пошарового зображення.

Під час виконання звичайної рентгенограми використовуються такі компоненти, як: плівка, об'єкт та рентгенівська трубка – залишаються в спокої. Для отримання томографічного ефекту використовуються наступні комбінації: 1) нерухомий об'єкт з рухомим джерелом випромінювання і приймач, ним може бути рентгенографічна плівка або селенова пластина, кристалічний детектор та інші; 2) рухомий об'єкт і приймач випромінювання з нерухомим джерелом; 3) рухомі об'єкти з джерелами випромінювання і нерухомий приймач. Найбільш поширені томографи з синхронним переміщенням трубки і плівки в протилежних напрямках при нерухомому об'єкті дослідження. Рентгенівський випромінювач і касето-тримач з приймачем випромінювання (рентгенівська плівка, селенова пластина) з'єднують жорстко за допомогою металевого важеля (рис. 1). Вісь обертання важеля (переміщення трубки і плівки) знаходиться над рівнем столу і її можна довільно переміщати.

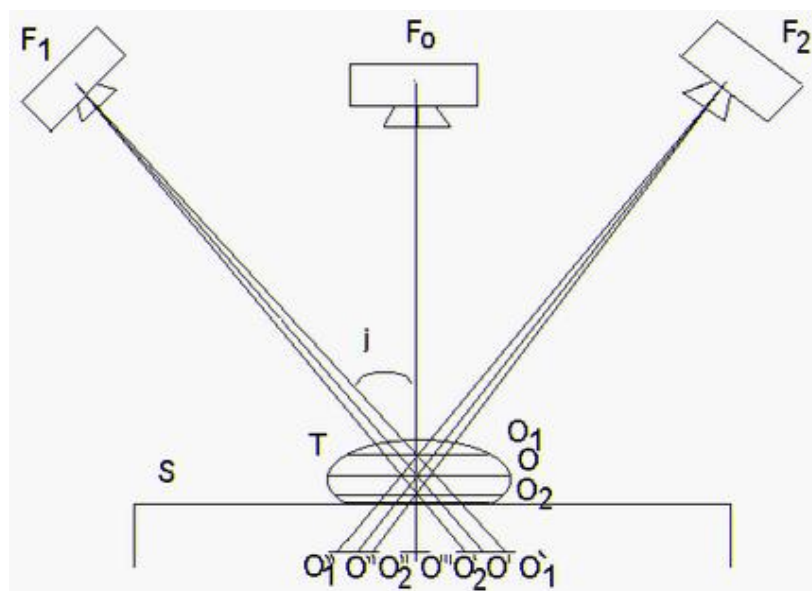


Рис. 1. Принцип утворення пошарового зображення



Можна бачити на рисунку, що при переміщенні трубки з положення F1 в положення F2, проекція точки O, яка є віссю обертання, знаходитиметься на плівці на одному місці. Отже можна зробити висновок, що проекція точки O нерухома відносно плівки і її зображення чітке. Проекції точок O1 і O2, які розташовуються поза досліджуваним шаром, який з переміщенням трубки і плівки змінюють розташування відносно плівки і, виходячи з цього можна зробити висновок, що їх зображення буде нечітким, розмазаним. Доведено, що геометричним місцем точок, проекції яких при русі нерухомі, є площина, паралельна площині плівки і проходить через вісь закінчення системи. Зазначимо що, на томограмі зображення всіх точок будуть чіткими, що знаходяться в площині на рівні осі обертання системи, тобто в досліджуваному томографічному шарі.

Переміщення трубки і плівки по паралельним прямолінійним направляючим, показано на рис. 1. Такого типу томографи, мають найпростішу конструкцію, і тому вони набули найбільшого поширення.

У іншому виді томографів з траєкторіями дуга-дуга або дуга-пряма геометричним місцем точок, проекції яких під час руху системи нерухомі відносно плівки, є площина, паралельна площині плівки і система, що проходить через вісь хитання; також слід виділити, що виділяється шар плоскої форми. Ці томографи є значно менше поширені через складну конструкцію.

Вище описані томографи з лінійними траєкторіями, оскільки проекції траєкторій руху системи трубка-плівка на площині, що виділена, мають вигляд прямої лінії, а тіні розмазування прямолінійної форми.

В таких томографах кут повороту (гойдання) трубки 2j приймають кут її повороту між крайніми положеннями; від нульового положення j.

У томографах з нелінійним розмазуванням переміщення системи трубка-плівка відбувається вздовж криволінійних траєкторій – кола, еліпса, гіпоциклоїди, спіралі. Слід зазначити, що постійно зберігається відношення відстаней фокус трубки-центр обертання і центр обертання-плівка. Також варто додати, що геометричним місцем точок, проєкції яких при русі системи нерухомі щодо плівки, є площина, паралельна площині плівки і через вісь хитання системи. Розмазування точок зображення об'єкта, які лежать поза виділеною площиною, відбувається за певними кривими траєкторіями руху системи. Траєкторію переміщення фокусу рентгенівської трубки на плівці повторюють розмазування зображення. При використанні багат шарової томографії в один прийом, можна отримати кілька томограм завдяки розташуванню в одній касеті кількох плівок на певній відстані. Проекція зображення першого шару з осі обертання виходить на верхню плівку. Геометрично доведено, що на наступних плівках отримують своє зображення нижче розміщені паралельні до осі руху системи шари, відстані між якими приблизно рівні відстаням між плівками. До недоліків такого виду томографії можна віднести те, що розпливчасті зображення, які знаходяться вище і нижче розміщених площин з небажаною інформацією забирають контраст, це призводить до погіршення сприйняття.

#### 2.4.1 Схема побудова інтелектуальної системи діагностики пухлинного процесу

Структурну схему інтелектуальної діагностичної системи (ІДС) представлено на рис. 2

Інформація від пацієнта надходить в систему через інтерфейс. Відеозображення у цифровій формі поступають в блоки фільтрації та усунення геометричних спотворень для ліквідації впливу шумів. Після цього

відеозображення надходить у блок виділення аномальної області, який реалізовано на базі згорткової нейронної мережі. Оцінювання ознак, що визначають вид патології за результатами УЗД виконується у блоці оцінювання аномальної області.

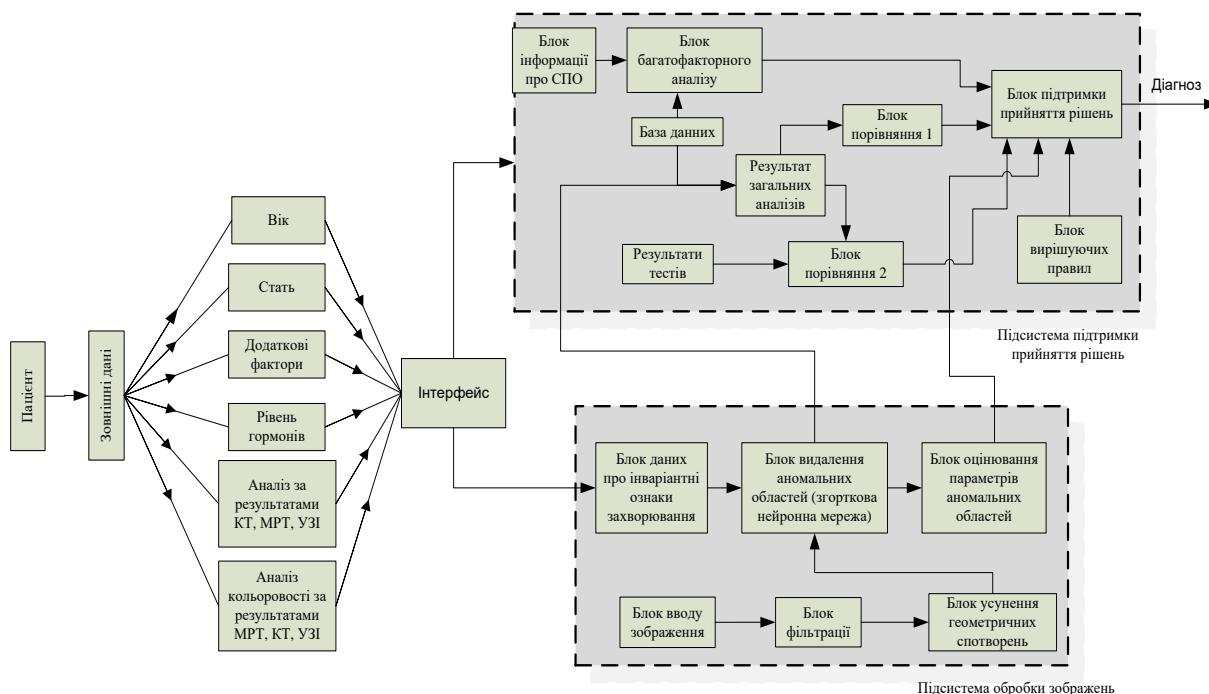


Рис. 2. Структурна схема інтелектуальної діагностики

Потім проводиться порівняння параметрів ознак, отриманих із аналізу зображень, з нормальним станом органу, який досліджується і з патологічними змінами. У ній зберігаються дані обстеження і типові, заздалегідь сформовані за допомогою блоку статистичної обробки, ознаки захворювань. Даний блок взаємодіє з блоком підтримки прийняття рішення і створення медичних документів. На підставі даних, отриманих з блоку інформації про сукупність патогенетичних факторів (СПФ), блок багатофакторного аналізу дозволяє скласти для них рівняння регресії. Далі, за допомогою вирішальних правил з однойменного блоку формується рекомендоване рішення.

Блок прийняття рішень і створення медичних документів формує і виводить на монітор спеціальні дані у зручній для лікаря формі, а також

оцінює їх інформаційну достовірність та дає рекомендації лікарю для постановки діагнозу, враховуючи на чинники, що впливають на захворювання.

#### 2.4.1 Загальна постановка задачі розпізнавання образів для виявлення неформалізованих елементів

*Постановка задачі класифікації.* Нехай  $X$  – множина описань об'єктів,  $Y$  – множина номерів (чи найменувань) класів. Існує невідома цільова залежність – відображення  $y^*: X \rightarrow Y$ , значення якої відомі тільки на об'єктах кінцевої навчальної вибірки:

$$X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\} \quad (2)$$

де  $X^m$  множина елементів навчальної вибірки розмірністю  $m$ .

Потрібно побудувати алгоритм здатний визначити належність довільного об'єкта  $x \in X$  до класу  $y \in Y$ .

#### 2.4.2 Використання глибоких нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання образів неформалізованих елементів

Застосування багатошарового персептрона з традиційною структурою при вирішенні реальних задач розпізнавання і класифікації зображень викликає певні труднощі. По-перше, зображення, як правило, мають велику розмірність, внаслідок чого зростає кількість нейронів і синаптичних зв'язків у мережі. У свою чергу, це вимагає збільшення навчальної вибірки, внаслідок чого збільшується час і обчислювальна складність процесу навчання. По-друге, ігнорується топологія вхідних даних. Компоненти вхідного шару можуть бути представлені в будь-якому порядку, без урахування мети навчання. Однак зображення мають строгую двовимірну структуру, в якій існує залежність між просторово-сусідніми пікселями.

Від цих недоліків вільні так звані згорткові нейронні мережі, які являють собою особливий клас багат шарових персептронів, спеціально створених для розпізнавання двовимірних поверхонь з високим ступенем інваріантності до масштабування, зсуву, повороту, зміни ракурсу та інших просторових спотворень, і глибокі НМ побудовані на базі автоенкодерів, попереднє навчання яких здійснюється на базі обмежених машин Больцмана.

### 2.4.3 Згорткові нейронні мережі підвищеної ефективності

#### 2.4.3.1 Принцип організації згорткової мережі

Згорткова нейронна мережа (ЗНМ) (англ. Convolutional Neural Network) – це особлива архітектура штучної нейронної мережі, що імітує особливості зорової області кори головного мозку.

На противагу до багат шарового персептрону ЗНМ мають наступні відмінні ознаки:

1) Локальна повнозв'язність: відповідно до концепції рецептивних полів, ЗНМ використовують просторову локальність шляхом застосування схеми локальної зв'язності між нейронами сусідніх шарів. Таким чином, ця архітектура забезпечує можливість навченим «фільтрам» (ядрам згортки) виробляти найсильніший відгук на просторово-локальний вхідний образ. Структура із багатьох таких шарів еквівалентна використанню нелінійного фільтру і є чутливою до більшої області піксельного простору. Таким чином, мережа спочатку створює представлення дрібних деталей входу, а потім з них збирає представлення більших областей.

2) Спільні ваги: у ЗНМ кожен фільтр повторюється на всьому зоровому полі. Ці повторні вузли використовують спільну параметризацію (вектор ваг та порогів) та формують карту ознак. Це означає, що всі нейрони у заданому

згортковому шарі реагують на одну й ту ж саму ознаку в межах свого рецептивного поля. Повторювання вузлів, таким чином, дозволяє виявити ознаки незалежно від їхнього положення в зоровому полі, забезпечуючи властивість інваріантності відносно зсуву.

Разом ці властивості дозволяють ЗНМ досягати кращого узагальнення на задачах розпізнавання зображень. Спільне використання ваг різко зменшує кількість вільних параметрів, завдяки яким навчається мережа, знижуючи вимоги до пам'яті для роботи мережі та уможливлуючи тренування більших, потужніших мереж.

Згорткова нейронна мережа будується на основі операції згортки, що дозволяє навчати ЗНМ на окремих частинах зображення, ітераційно збільшуючи локальну область навчання окремого ядра згортки.

Припустимо, що  $x(t)$  – деяка функція при  $t \in \mathbb{R}$ .

Тоді згортка  $x(t)$  з ядром  $k(t)$  – це функція  $S(t)$ , яка визначається як

$$S(t) = (x \cdot k)(t) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)k(t - \tau)d\tau. \quad (3)$$

Якщо функція дискретна, тобто  $t \in \mathbb{Z}$ , то

$$S(t) = (x \cdot k)(t) \equiv \int_{\tau=-\infty}^{\infty} x(\tau)k(t - \tau)d\tau. \quad (4)$$

Якщо  $I(i, j)$  – зображення, то згортку зображення  $I(i, j)$  з ядром  $K(t, s)$  буде записано як

$$S(i, j) = (I \cdot K)(i, j) \equiv \sum_{m=0}^i \sum_{n=0}^j I(m, n)K(i - m, j - n), \quad (5)$$

де  $m, n$  – поточне положення ядра відносно зображення  $I(i, j)$  з розміром  $i \times j$ .

### 2.4.3.2. Класифікація шарів згорткової мережі

Ключовим моментом в розумінні ЗНМ є поняття так званих спільних ваг, тобто частина нейронів деякого шару нейронної мережі може використовувати одні й ті самі вагові коефіцієнти. Нейрони, що використовують одні й ті самі ваги, об'єднуються в карти ознак (англ. feature maps), а кожен нейрон карти ознак пов'язаний з частиною нейронів попереднього шару. При обчисленні мережі виходить, що кожен нейрон виконує згортку деякої області попереднього шару (яка визначається множиною нейронів, пов'язаних з даними нейроном). Шари нейронної мережі, побудовані описаним чином, називаються згортковими шарами. Крім згорткових шарів в згортковій нейронній мережі можуть бути шари агрегації (субдискретизації), що виконують функції зменшення розмірності карти ознак, і повнозв'язні шари (класифікатор, який знаходиться на виході мережі). Згорткові шари та шари агрегації можуть чергуватися, найчастіше шари агрегації розміщують за шарами згортки.

Згорткові нейронні мережі можуть мати багатовимірні шари (в основному використовуються двовірні, наприклад, в мережах, що обробляють зображення, і тривимірні, наприклад, для кольорового зображення) декількох типів.

Відносно завдань розпізнавання об'єктів на зображеннях вхідний шар найчастіше представляється у вигляді тривимірної сітки, розміри якої залежать від вхідного зображення,

$$I_n = W \cdot H \cdot D, \quad (6)$$

де  $I_n$  – розмірність вхідного шару мережі;  $W$  – ширина вхідного зображення;  $H$  – висота вхідного зображення;  $D$  – глибина або кількість кольорових каналів зображення.

Умовний вигляд вхідного шару загорткової нейронної мережі представлено на рис. 3.11, де наведено приклад представлення зображення у форматі RGB.

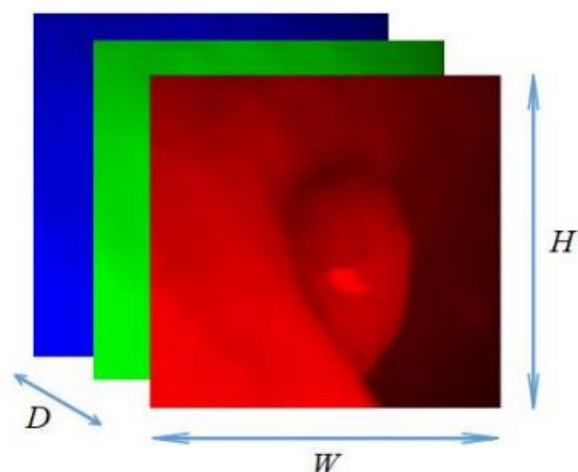


Рис. 3 Умовний вигляд вхідного шару згорткової нейронної мережі

Загальний вигляд ЗНМ показано на рис. 3.



Рис. 4 Загальний вигляд згорткової нейронної мережі

Комбіновану мережу, яка складається з згорткової нейронної мережі, класифікатора та розгорткової нейронної мережі наведено на рис. 4. Така архітектура дозволяє не тільки розпізнавати елементи зображення, а й помічати на ньому розпізнанні елементи. Розгорткова нейронна мережа є дзеркальним відображенням згорткової нейронної мережі.



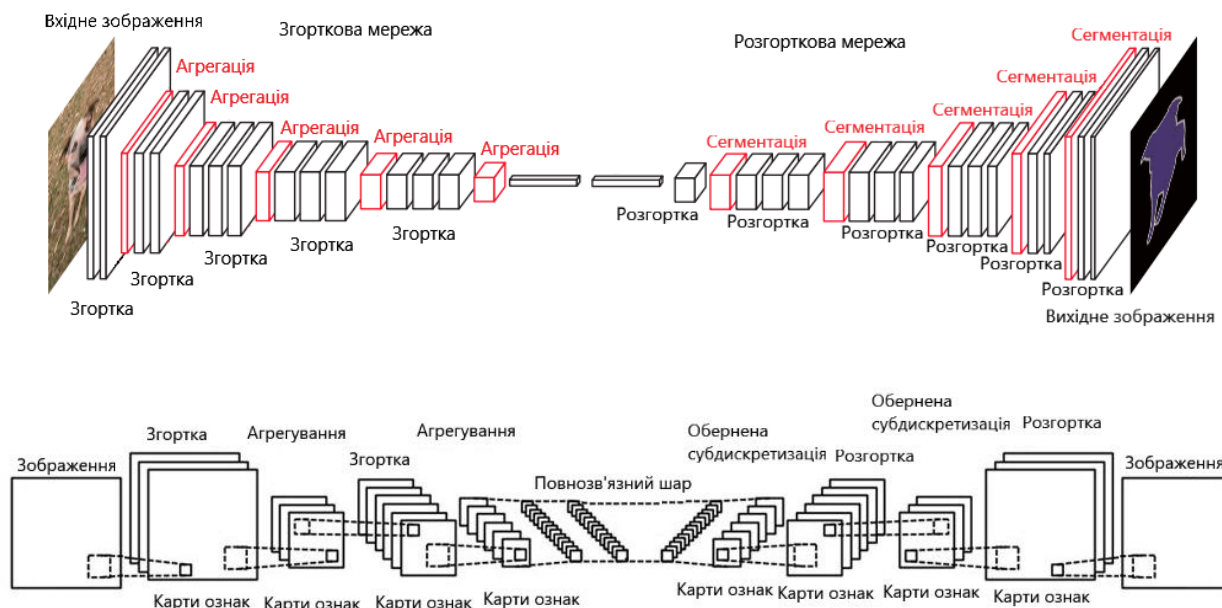


Рис. 5 Комбінована згорткова нейронна мережа

Розглянемо шари ЗНМ більш детально.

### 2.4.3.3 Згортковий шар

Згортковий шар (англ. Convolutional layer) – це основний блок згорткової нейронної мережі і призначений для виділення ознак зображення та їх перетворення. Згортковий шар складається з набору фільтрів – багатовимірних (зазвичай двовірних або тривимірних) матриць ваг зв'язку нейронів попереднього шару з нейронами згорткового шару. Згортковий шар включає в себе для кожного каналу свій фільтр (в ЗНМ значення ядра фільтра називаються вагами зв'язків нейронів згорткового шару:  $w_{00}, w_{01}, \dots, w_{(F-1)(F-1)}$ , де  $F \times F$  – розмір ядра фільтра), згорткове ядро котрого виконує операцію згортки для фрагментів попереднього шару. Процес формування сигналів нейронів згорткового шару показано на рис.5

Вагові коефіцієнти ядра згортки невідомі та визначаються в процесі навчання. Особливістю згорткового шару є порівняно невелика кількість

навчаючих параметрів. Для кольорового зображення розміром  $100 \times 100$  пікселів по трьом каналам (це 30000 вхідних нейронів) при використанні 6 ядер згортки розміром  $3 \times 3$  використовуватися буде лише 9 параметрів для кожного ядра згортки кожного каналу, тобто всього  $9 \times 6 \times 3 = 162$  параметри, що набагато менше, ніж для повнозв'язного шару.

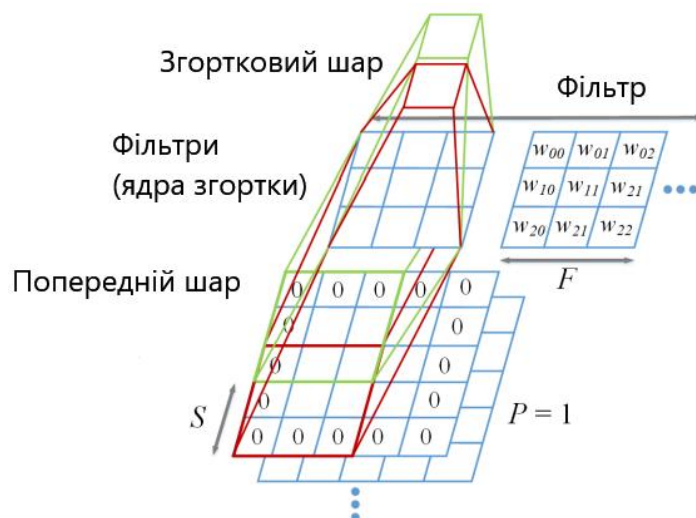


Рис. 5 Формування карти ознак згорткової нейронної мережі

Основними параметрами згорткової нейронної мережі є: розмір ядра згортки (фільтра), кількість ядер згортки (залежить від кількості згорткових шарів), величина зміщення при пересуванні ядра згортки по матриці зображення (крок ядра згортки), параметри (по вертикалі та горизонталі) урахування крайових ефектів (початкове положення ядра згортки на матриці зображення або карті ознак перед початком переміщення по горизонталі та вертикалі з метою побудови карт ознак) (див. рис. 2), початкове заповнення ядер згортки.

Розмір ядра згортки визначає, наскільки сильно зменшується просторова варіативність зображення після кожної згортки, та наскільки сильно зменшується зображення. Кількість ядер згортки визначає кількість карт ознак, що кодують яку-небудь особливість зображення (наприклад, наявність прямої

або похилої лінії). Зміщення визначає, на скільки кроків зміщується фільтр для виконання наступної операції згортки. При великому зміщенні частина інформації може втрачатися. Від зміщення залежить, наскільки зменшується зображення після кожної операції згортки. Крайові ефекти – це параметри виконання згортки на краях зображення. Існує кілька типів крайових ефектів, найпоширеніші з них – це обрізання (англ. pruning) та заповнення нулями. Заповнення нулями не зменшує матрицю зображення.

З метою зменшення обчислювальних витрат використовується операція обрізання – це зменшення карт ознак після операції згортки. Розмір карт ознак при використанні обрізання визначається зміщенням, розміром ядра згортки і розмірами попереднього шару мережі, відповідно до формул

$$W = (W_p - F + P \cdot 2) / S + 1, \quad (7)$$

$$H = (H_p - F + P \cdot 2) / S + 1, \quad (8)$$

де  $W$  і  $H$  – ширина і висота карт ознак відповідно;  $W_p$  і  $H_p$  – ширина і висота матриці зображення відповідно;  $F$  – розмір ядра згортки згорткового шару мережі;  $P$  – кількість доданих нулів по краях матриці зображення;  $S$  – зміщення фільтра.

Математичну модель загорткового шару в спрощеному виді можна описати наступною формулою  $x^l = f(x^{l-1} * k^l + b^l)$ , де  $x^l$  – вихід шару  $l$ ;  $f(\cdot)$  – функція активації;  $b^l$  – коефіцієнт зміщення, символом  $*$  позначена операція згортки входу  $x^{l-1}$  з ядром  $k^l$ . Якщо розписати формулу в стандартному вигляді, то одержимо:

$$x_j^l = f\left(\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m x_i^{l-1} \cdot k_j^l + b_j^l\right), \quad (9)$$

де  $x_j^l$  – карта ознак  $j$  (вихід шару  $l$ ;  $f(\cdot)$  – функція активації;  $b_j^l$  – коефіцієнт зміщення для карти ознак  $j$ ;  $k_j^l$  – ядро згортки  $j$ ;  $x_i^{l-1}$  – карта ознак попереднього шару;  $n, m$  – розміри зображення. Схему загорткового шару представлено на рис. 6.

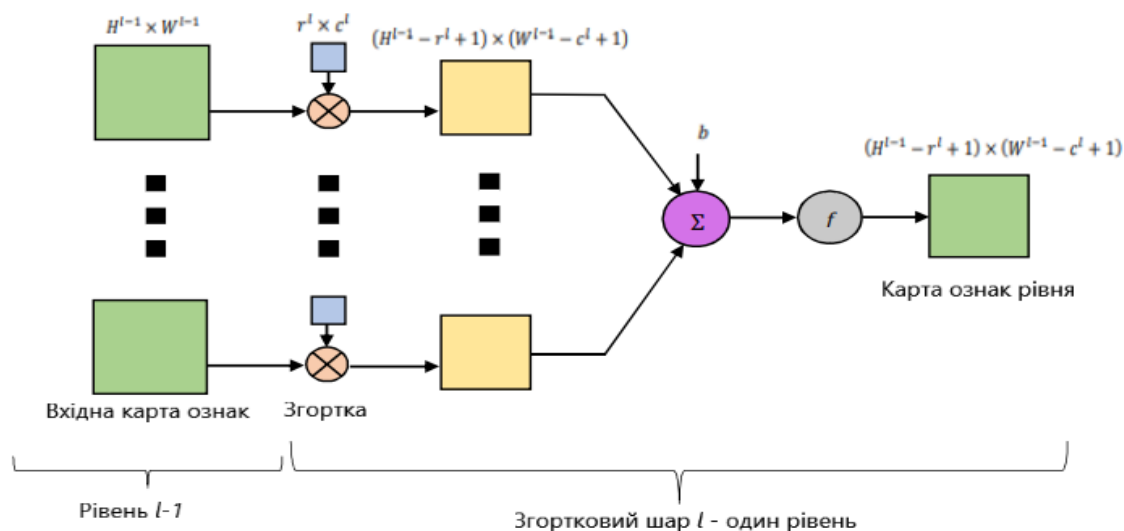


Рис. 6 Схema згорткового шару 1

Приклад дії операції згортки в ЗНМ наведено на рис. 6

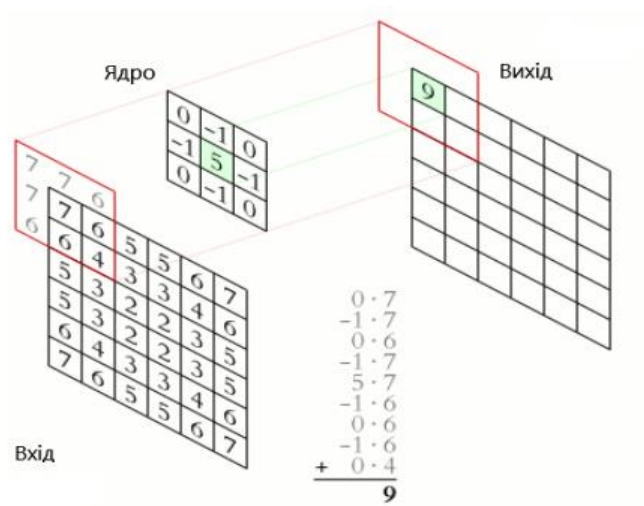


Рис. 7 Приклад дії операції згортки в ЗНМ

В згортковій нейронній мережі набір ваг не один, а ціла гамма, що кодує елементи зображення (наприклад лінії і дуги під різними кутами). В залежності від кількості використовуваних фільтрів отримуємо ту ж кількість карт ознак.

Ядра згортки для початку роботи ініціюються випадковими значеннями, а потім налаштовуються шляхом навчання мережі класичним методом зворотного поширення помилки. Прохід кожним ядром згортки формує свій власний примірник карти ознак, роблячи нейронну мережу багатоканальною (багато незалежних карт ознак на одному шарі). Також слід зазначити, що при переборі шару ядром згортки її пересувають зазвичай не на повний крок (визначається розмірністю цієї матриці), а на декілька елементів матриці (рис. 8). Ця відстань називається зміщення (англ. Stride). Так, наприклад, при розмірності матриці ваг  $5 \times 5$  її зрушують на один або два нейрона (пікселя) замість п'яти, щоб не «переступити» шукану ознаку.

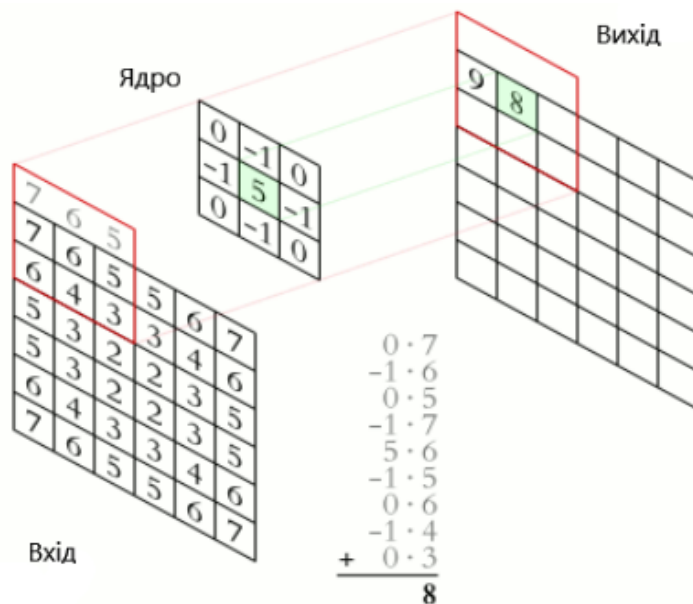


Рис. 8 Приклад зміщення ядра на одиницю

Кожна карта ознак може розпізнавати окремі деталі зображення (наприклад, вертикальні та горизонтальні лінії) (рис. 9). Чергування шарів

дозволяє складати карти ознак з карт ознак, на кожному наступному шарі карта зменшується в розмірі, але збільшується кількість каналів. На практиці це означає здатність розпізнавання складних ієрархій ознак. Зазвичай після проходження декількох шарів карта ознак вироджується в вектор або навіть скаляр, але таких карт ознак стає сотні.

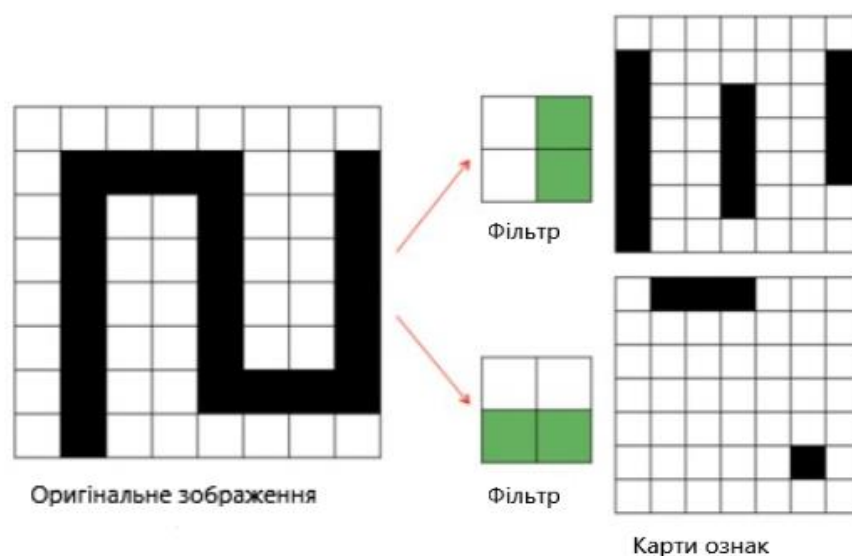


Рис. 9 Ілюстрація реакції кожної карти на окремі ознаки

#### 2.4.3.4 Агрегуючий шар

Операція агрегування (англ. Subsampling, англ. Pooling, також перекладається як «операція підвибірки», операція субдискретизації або операція об'єднання) використовується для зменшення розмірності сформованих карт ознак з метою зменшення ймовірності швидкого перенавчання, а також для скорочення обчислювальних витрат і витрат пам'яті. Зазвичай даний шар використовується після проведення операції згортки і перетворює сигнали згорткового шару, виділяючи найбільш значущі сигнали за певними критеріями. У даній архітектурі мережі вважається, що інформація про факт наявності шуканої ознаки важливіше точного знання

його координат, тому з декількох сусідніх нейронів карти ознак вибирається максимальний і приймається за один нейрон ущільненої карти ознак меншої розмірності.

Використання цього шару дозволяє покращити розпізнавання прикладів із змінним масштабом. Операція агрегації забезпечує ще один різновид інваріантності відносно паралельного перенесення.

Агрегуючий шар діє незалежно на кожен зріз глибини входу, і зменшує його просторовий розмір. Формально шар може бути описаний так:

$$x^l = f(a^l \cdot \text{subsample}(x^{l-1}) + b^l),$$

де  $x^l$  – вихід шару  $l$ ;  $f(\cdot)$  – функція активації;  $a^l$ ,  $b^l$  – коефіцієнти;  $\text{subsample}(\cdot)$  – операція вибірки локальних максимальних значень. Схему агрегуючого шару наведено на рис. 10

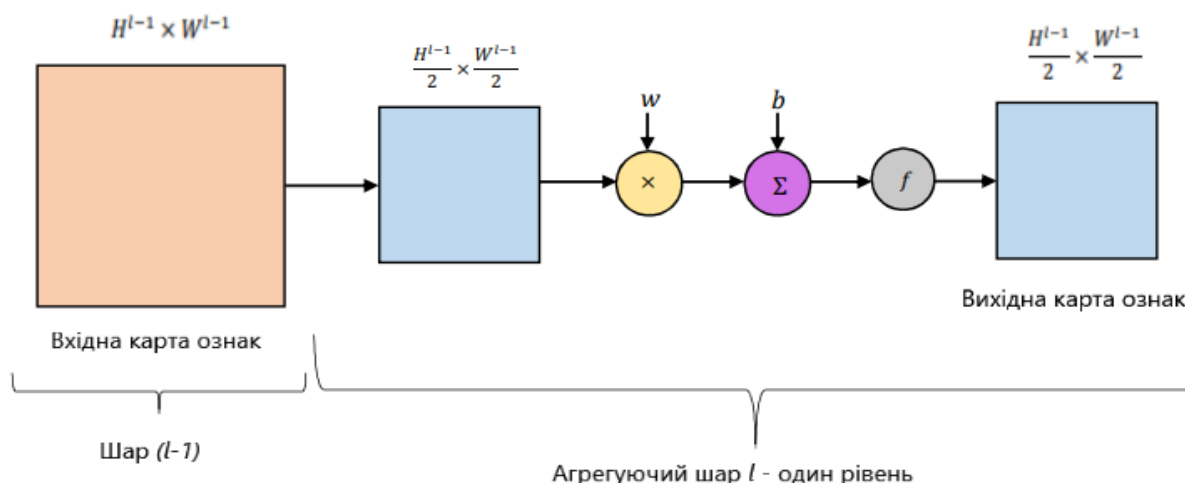


Рис. 10 Схema агрегуючого шару  $l$ .

Існують наступні види агрегування: максимізаційне (англ. maxpooling), усереднювальне (англ. average pooling),  $L2$ -нормове агрегування (англ.  $L2$ -norm pooling) та стохастичне агрегування (англ. stochastic pooling).

Найпоширенішим видом є максимізаційний агрегуючий шар із фільтрами розміру  $2 \times 2$ , що застосовується з кроком 2, який знижує дискретизацію кожного зрізу глибини входу в 2 рази, як за шириною, так і за висотою, відкидаючи 75 % збуджень. В цьому випадку кожна операція взяття максимуму діє над чотирма числами. Розмір за глибиною залишається незмінним.

Історично усереднювальне агрегування застосовувалася часто, але останнім часом менше у порівнянні з дією максимізаційного агрегування, робота якого на практиці виявилася кращою. Приклад максимізаційного та усереднювального агрегування наведено на рис. 11.



Рис. 11 Приклади агрегувальних функцій

В стохастичному агрегуванні звичайні детерміновані дії агрегування замінюються стохастичною процедурою, в якій збудження в межах кожної області агрегування вибирається випадково, відповідно до поліноміального розподілу, заданого збудженнями в межах області агрегування. Цей підхід є вільним від гіперпараметрів, і може поєднуватися з іншими підходами до регуляризації, такими як виключення (див. підрозділ 3.4.3.7) та нарощування даних.

Альтернативним поглядом на стохастичне агрегування є те, що воно є рівнозначним стандартному максимізаційному агрегуванню, але з багатьма



копіями вхідного зображення, кожна з яких має невеликі локальні деформації. Це є подібним до явних еластичних деформацій вхідних зображень, які забезпечують відмінну продуктивність у MNIST (див. підрозділ 3.4.3.8). Застосування стохастичного агрегування в багатошаровій моделі дає експоненційну кількість деформацій, оскільки вибори у вищих шарах залежать від виборів у нижчих.

#### 2.4.3.5 Повнозв'язний шар

Після кількох згорткових та максимізаційних агрегувальних шарів, які використовуються для виділення особливої області, розміщується класифікатор, який реалізується повнозв'язними шарами (англ. fully connected layers), та розв'язує задачу класифікації виділеної області. В якості класифікатора в даній роботі розглядалися: автоенкодер, Softmax, нечіткий класифікатор глибокого навчання. Повнозв'язний шар можна описати формулою

$$x_j^l = f\left(\sum_i^n x_i^{l-1} w_{ij}^{l-1} + b_j^{l-1}\right),$$

тут  $x_j^l$  –  $j$ -й вихід шару  $l$ ;  $f(.)$  – функція активації;  $b_j^{l-1}$  –  $j$ -й коефіцієнт переміщення шару  $l$ ;  $w_{ij}^{l-1}$  –  $i$ -й,  $j$ -й елемент матриці вагових коефіцієнтів  $l - 1$  шару;  $n$  – кількість нейронів у повнозв'язному шарі.

#### 2.4.3.6 Навчання згорткової нейронної мережі

Навчання згорткової нейронної мережі можна розподілити на чотири етапи: ініціалізація вагових коефіцієнтів, пряме проходження еталонних вхідних сигналів, розрахунок функції похибки, обернене поширення похибки та оновлення вагових коефіцієнтів.

Першим етапом навчання згорткової мережі є ініціювання вагових коефіцієнтів. В загальному випадку, якщо в згортковій нейронній мережі використовуються шари згортки, агрегуючі та повнозв'язні шари, то необхідно ініціювати лише ядра згортки згорткових шарів та повнозв'язні шари. Якщо в мережі використовуються також розгорткові шари, то необхідно також ініціювати їх вагові коефіцієнти. Для навчання згорткової нейронної мережі в даній роботі використовується нормалізовану ініціалізацію, яка носить назву ініціалізація Glorot

$$W \cong U \left[ -\frac{\sqrt{6}}{\sqrt{n_j + n_{j+1}}}, \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{n_j + n_{j+1}}} \right], \quad (10)$$

де  $U$  – рівномірне розподілення на відрізку;  $n_j$  – кількість нейронів на поточному шарі мережі;  $n_{j+1}$  – кількість нейронів на наступному шарі мережі. Використання нормалізованої ініціалізації приводить до зниження насичення нейронів й сигнал помилки поширюється значно краще.

Метод нормалізованої ініціалізації вагових коефіцієнтів було адаптовано для функції активації ReLU, коли початкові вагові коефіцієнти  $W$  ініціюють наступним чином:

$$W \cong U \left[ -\frac{2}{n_j}, \frac{2}{n_j} \right], \quad (11)$$

де  $U$  – рівномірне розподілення на відрізку;  $n_j$  – кількість нейронів на поточному шарі мережі. Метод нормалізованої ініціалізації вагових коефіцієнтів дозволив досягати якісного навчання глибоких нейронних мереж без необхідності використовувати попереднє навчання без учителя.

Для навчання згорткової нейронної мережі використовується метод зворотного поширення похибки (англ. backpropagation).

Для вихідного шару (MLP) похибка розраховується наступним чином:  $\delta = (T - Y) \cdot f'(u)$ , де  $T$  – очікуваний (навчальний) вихід;  $Y$  – реальний вихід;  $f'(u)$  – похідна функції активації за її аргументом. Для прихованих шарів MLP помилка має такий вигляд

$$\delta^{l-1} = (W^l)^T \cdot \delta^l \cdot f'(u^{l-1}), \quad (13)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $f'(u)$  – похідна функції активації;  $u^l$  – стан (не активований) нейронів шару  $l$ ;  $W^l$  – матриця вагових коефіцієнтів шару  $l$ .

Похибка на виході згорткового шару формується шляхом простого збільшення розміру матриць помилки наступного за ним агрегуючого шару.

$$\delta^{l-1} = \text{upsample}(\delta^l) \cdot f'(u^{l-1}), \quad (14)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $f'(u^l)$  – похідна функції активації;  $u^l$  – стан (не активований) нейронів шару  $l$ ;  $\text{upsample}(\cdot)$  – операція, обернена до агрегування.

Помилка на виході агрегуючого шару розраховується шляхом виконання «зворотної згортки» карт ознак наступного за ним згорткового шару, тобто над кожною картою ознак виконується згортка з відповідним «перевернутим» ядром, при цьому за рахунок крайових ефектів розмір вихідних матриць збільшується. Далі, над отриманими картами, обчислюються кілька часткових сум за кількістю ядер згортки, відповідно до матриці суміжності агрегуючого і згорткового шарів

$$\delta^{l-1} = f'(u^{l-1}) \cdot \sum \delta^l * \text{rot180}(k), \quad (15)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $f'(u^l)$  – похідна функції активації;  $u^l$  – стан (не активований) нейронів шару  $l$ ;  $k$  – ядро згортки;  $\text{rot180}(k)$  – поворот ядра згортки  $k$  на  $180^\circ$ .

Обернена згортка – це та сама згортка, тільки з поворотом ядра згортки на  $180^\circ$  та зміненними крайовими ефектами. Тобто необхідно взяти ядро згортки, повернути його на  $180^\circ$  і зробити звичайну згортку за допомогою обчислених раніше похибок карт ознак, але так щоб вікно сканування виходило за межі карти. Результат операції оберненої згортки показано на рис. 12.

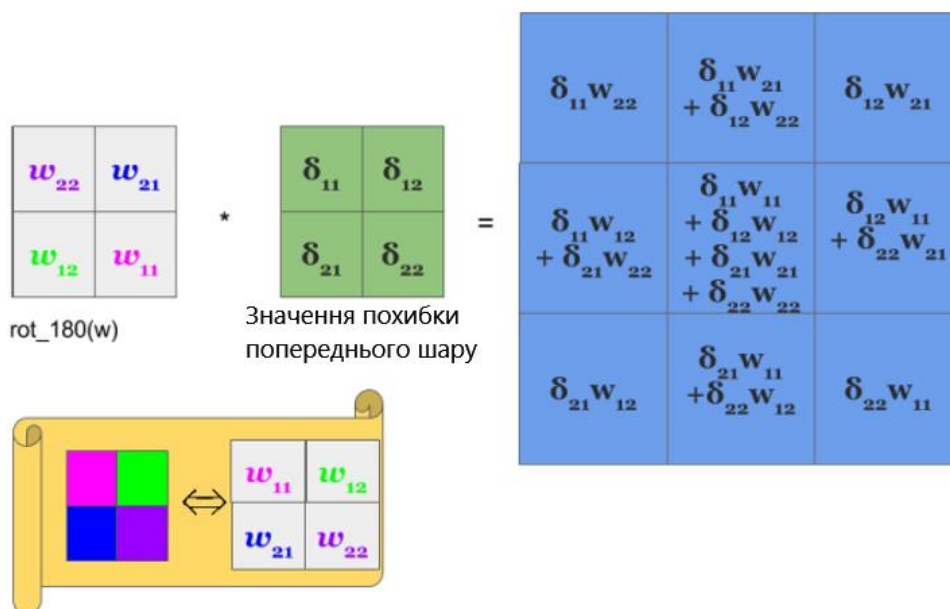


Рис. 12 Обернена згортка

Для мінімізації розглянутої вище функції помилки необхідно обчислити її градієнт, що вимагає знання особистих похідних по основним параметрам мережі.

Градієнт для ядра згортки можна порахувати як згортку матриці входу згорткового шару з «переверненою» матрицею помилки для обраного ядра

$$\Delta k_j^l = \text{rot180}(x^{x^{-1}} * \text{rot180}(\delta_j^l)), \quad (16)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $x^l$  – вхід шару  $l$ ;  $k$  – ядро згортки;  $\text{rot180}(k)$  – поворот ядра згортки  $k$  на  $180^\circ$ .

Гradient для зсуву для згорткового шару обчислюється як сума значень відповідної матриці помилки

$$\Delta b_j^l = \sum b_j^l, \quad (17)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ .

Gradient для коефіцієнтів агрегуючого шару обчислюється таким чином:

$$\Delta a_j^l = \sum a_j^l \cdot \text{subsample}(x^{l-1}), \quad (18)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $x^l$  – вхід шару  $l$ ;  $\text{subsample}(\cdot)$  – операція вибірки локальних максимальних значень.

Gradient для коефіцієнта зсуву для агрегуючого шару обчислюється як сума значень відповідної матриці похибки

$$\Delta b_j^l = \sum b_j^l, \quad (19)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ .

Локальний gradient для налаштування вагових коефіцієнтів повнозв'язного шару обчислюється наступним чином:

$$\Delta W^l = (\delta^l)^T \cdot x^{l-1}, \quad (20)$$

де  $\delta^l$  – похибка шару  $l$ ;  $x^l$  – вхід шару  $l$ ;  $W^l$  – матриця вагових коефіцієнтів шару  $l$ .

### 2.4.3.7 Методи запобігання перенавчання

Однією із серйозних проблем навчання ЗНМ є проблема перенавчання, коли модель добре пояснює тільки приклади з навчальної вибірки, адаптуючись до навчальних прикладів, замість того щоб вчитися класифікувати приклади, які не брали участі в навчанні (втрачаючи здатність до узагальнення). Існують наступні підходи для уникнення такої ситуації: штучні дані, рання зупинка, обмеження кількості параметрів, методи проріджування або виключення, виключення з'єднань, ослаблення ваг, ієрархічних координатних сіток.

У даній роботі для запобігання перенавчанню використовується метод виключення (англ. Dropout). Розрізняють наступні модифікації використання цього методу: виключення окремих нейронів, виключення з'єднань, зворотне виключення (англ. Inverted Dropout).

У разі виключення окремих нейронів на кожному етапі тренування окремі нейрони або «виключаються» з мережі з імовірністю  $p$ , або залишаються з імовірністю  $q = 1 - p$ , отже, залишається зменшена мережа; зв'язки виключених нейронів також усуваються. Для кожного нейрона окремо обчислюється імовірність виключення. На наступному етапі на даних тренується вже лише зменшена мережа. Після цього усунені вузли повторно вставляються до мережі з їхніми первинними вагами.

Математичну модель цього процесу на етапі навчання, застосованого до  $i$ -го нейрону, можна представити у наступному вигляді:

$$O_i = \frac{1}{q} X_i a \left( \sum_{k=1}^{d_i} w_k x_k + b \right) = \begin{cases} a \left( \sum_{k=1}^{d_i} w_k x_k + b \right), & \text{якщо } X_i = 1, \\ 0, & \text{якщо } X_i = 0, \end{cases} \quad (21)$$

де  $h(x) = xw + b$  – лінійна проекція вхідного  $d_i$ -мірного вектора  $x$  на  $d_h$ -мірний простір вихідних значень;  $a(h)$  – функція активації, де  $X = (X_1, \dots, X_{d_h})$  –  $d_h$ -мірний вектор випадкових величин  $X^i$ , розподілених за законом Бернуллі:

$$f(k; p) = \begin{cases} p, & \text{якщо } k = 1, \\ 1 - p, & \text{якщо } k = 0, \end{cases} \quad (22)$$

$f(k; p)$  – розподіл ймовірностей, де  $k$  – усі можливі вихідні значення. Ця випадкова величина відповідає процедурі Dropout, застосованій до одного нейрону (нейрон виключають із ймовірністю  $p = P(k = 1)$ , а якщо ні, то – залишають включеним).

На етапі тестування необхідно емулювати поведінку ансамблю нейронних мереж, використаного під час навчання. Для цього необхідно на етапі тестування помножити функцію активації на коефіцієнт  $q$ . Таким чином, математичну модель цього процесу на етапі тестування, застосованого до  $i$ -го нейрону, можна представити у наступному вигляді

$$O_i = qa\left(\sum_{k=1}^{d_i} w_k x_k + b\right). \quad (23)$$

Недоліком прямого Dropout є необхідність змінювати НМ для проведення тестування, тому що без множення на  $q$  нейрон буде повертати значення більші, ніж ті, які очікують одержати наступні нейрони; тому більше перспективи має зворотній Dropout.

У цьому випадку множимо функцію активації на коефіцієнт не під час тестового етапу, а під час навчання.

Коефіцієнт дорівнює зворотній величині ймовірності того, що нейрон залишиться в мережі:  $O_i = 1 / (1 - p) = 1 / q$ ,  $q$ , таким чином, математичні моделі Inverted Dropout на етапах навчання та тестування, застосовані до  $i$ -го нейрону, можна представити, відповідно, у наступному вигляді

$$O_i = \frac{1}{q} X_i a \left( \sum_{k=1}^{d_i} w_k x_k + b \right), \quad (24)$$

$$O_i = a \left( \sum_{k=1}^{d_i} w_k x_k + b \right). \quad (25)$$

Перевага Inverted Dropout полягає у тому, що у разі його використання необхідно лише один раз описати модель, а потім запускати навчання й тестування на цій моделі, міняючи тільки параметр (коефіцієнт Dropout).

#### 2.4.4 Побудова навчальної вибірки для глибоких нейронних мереж оброблення неструктурованих зображень

Проблемою навчання глибоких НМ оброблення зображень, що використовуються в системі медичної діагностики, є складність отримання навчальної вибірки. Навчальна вибірка виходить на підставі наявної невеликої кількості прикладів шляхом повороту їх на невеликі кути в різних площинах з подальшою обробкою зображень іншим способом.

Задача розпізнавання зображень в такому формулюванні представляє собою досить складну комплексну задачу з низкою обмежень. В роботі пропонується системний підхід до обробки зображень, заснований на структурній декомпозиції (рис. 13).



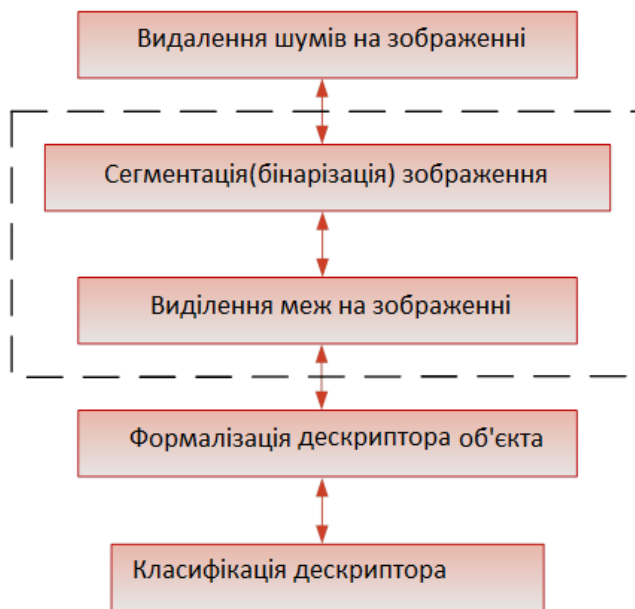


Рис. 13 Структурна схема алгоритму класифікації образів на зашумленому зображенні

Для розпізнавання образів обов'язково потрібен дескриптор об'єкта. Його можна досить ефективно записати, проаналізувавши контур об'єкта. Тому однією з підзадач буде визначення меж об'єктів на зображенні, формалізація їх контурів і подальша класифікація підозрілих контурів.

Для аналізу контуру об'єкта потрібно коректно виділити межі об'єкта на зображенні. Але виділення меж об'єктів має істотний недолік – часто виникають помилки на зашумлених не сегментованих зображеннях. Тому, перед виділенням меж, зображення потрібно сегментувати.

Сегментація – це процес поділу цифрового зображення на кілька сегментів (безліч пікселів, також званих суперпікселями). Результатом сегментації можна вважати бінарне зображення.

Бінарне зображення – різновид цифрових растрових зображень, коли кожен піксель може представляти тільки один з двох кольорів.

Так як зображення на вхід надходить зашумлене, перед будь-якими подальшими перетвореннями, його потрібно очистити від шумів.

Результати роботи алгоритму класифікації образів на зашумленому зображенні для створення навчальної вибірки і згорткової НМ, наведені відповідно на рис. 13 та 14.

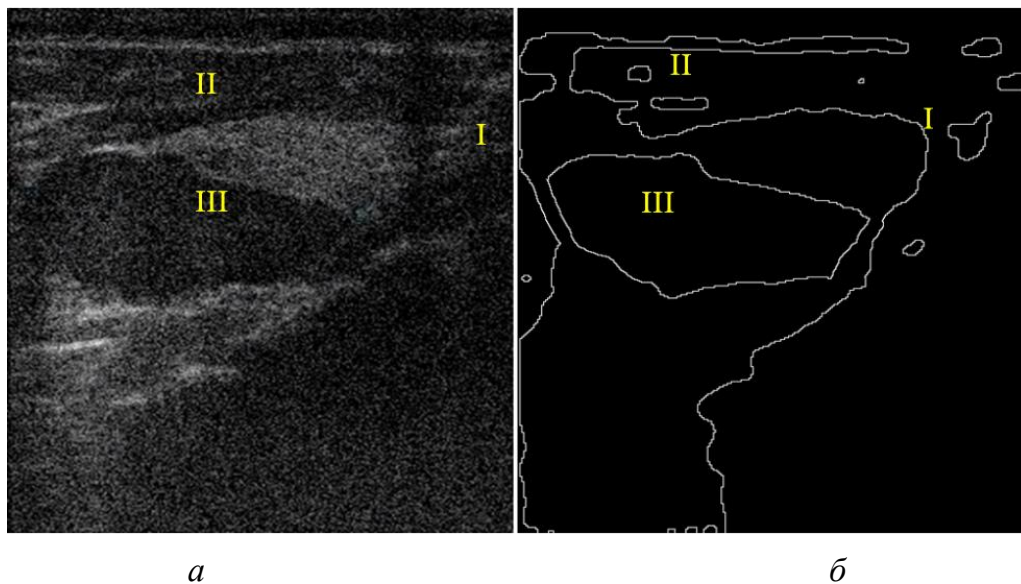
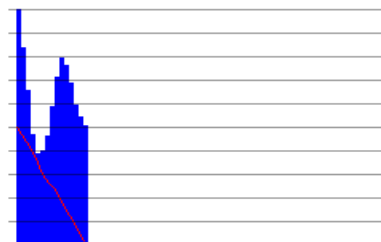
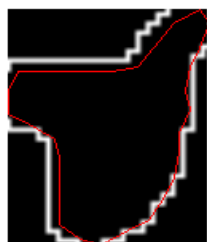


Рис. 13 Обчислення дескриптора контурів для зображення: *a* – вихідне зображення; *б* – зображення з виділеними контурами; *в* – об’єкт I і його АКФ; *г* – об’єкт II і його АКФ; *д* – об’єкт III і його АКФ



*в*



*г*

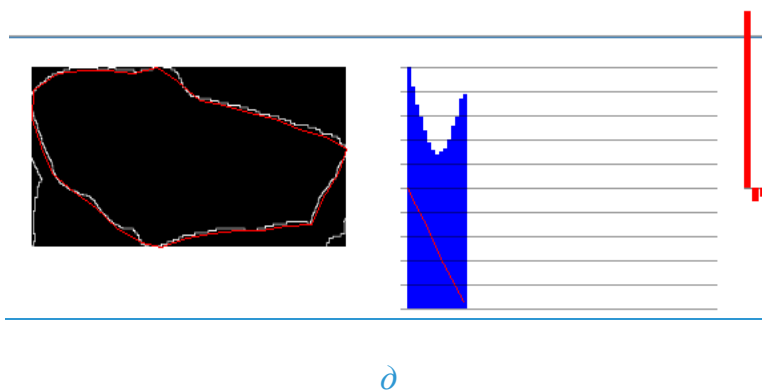


Рис. 14.Закінчення

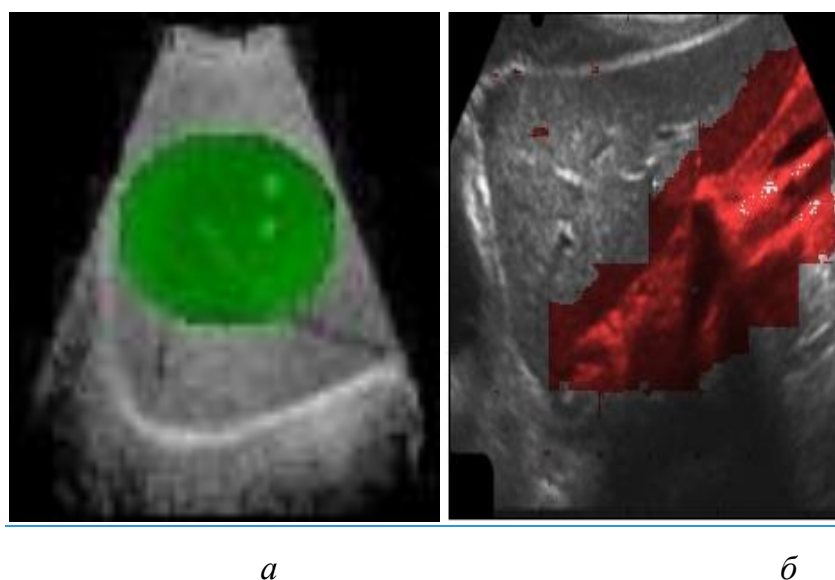


Рис. 15 Результати роботи згорткової нейронної мережі

### Висновки до розділу

Для лікування та діагностування хворих, що страждають на онкологічні захворювання. Потрібно застосовувати різноманітні методи діагностики для виявлення пухлинного процесу, визначення його стадії і вибору схеми лікування. У багатьох випадках для диференціальної діагностики необхідно провести кілька досліджень, використовуючи різні методи. Плануючи дослідження, перш за все, необхідно враховувати індивідуальні особливості пацієнта і особливості перебігу захворювання, а також знати принципи,

можливості і обмеження кожного з методів, щоб забезпечити максимально ефективну діагностику і лікування.

У розділі було розглянуто використання глибоких нейронних мереж для вирішення задач розпізнавання образів неформалізованих елементів. Застосування багатошарового персептрона з традиційною структурою при вирішенні реальних задач розпізнавання і класифікації зображень викликає певні труднощі.

ЗНМ дозволяють досягати кращого узагальнення на задачах розпізнавання зображень. Спільне використання ваг різко зменшує кількість вільних параметрів, завдяки яким навчається мережа, знижуючи вимоги до пам'яті для роботи мережі та уможливлуючи тренування більших, потужніших мереж.

Проблемою навчання глибоких НМ оброблення зображень, що використовуються в системі медичної діагностики, є складність отримання навчальної вибірки. Навчальна вибірка виходить на підставі наявної невеликої кількості прикладів шляхом повороту їх на невеликі кути в різних площинах з подальшою обробкою зображень іншим способом.

Задача розпізнавання зображень в такому формулюванні представляє собою досить складну комплексну задачу з низкою обмежень. В роботі пропонується системний підхід до обробки зображень, заснований на структурній декомпозиції.

### РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ САЙТУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЕМ

Для створення медичної СППРЛ діагностичних рішень, що надає допомогу лікарям в процесі лікування у попередніх розділах було розглянуто необхідні методи та алгоритми. Зокрема у першому розділі розглянуто і обрані ключові методи представлення знань для розробки концептуальної моделі СППРЛ на основі диференціальних алгоритмів діагностики захворювань. А у другому алгоритми обробки зображень для отримання діагностично значимих параметрів. Концепція веб-сайту, що розробляється СППРЛ обумовлює розробку математичної моделі, як головного «інструменту» даної медичної програми для створення діагностичних шляхів вирішення проблеми в умовах невизначеності прийнятті рішення лікарем.

#### 3.1 Концептуальна модель СППРЛ діагностичних рішень

Автоматизована система, що розробляється СППРЛ представляє комплекс взаємозв'язаних блоків, які, в свою чергу, забезпечують збирання, збереження і обробку медичних даних. Дані про стан здоров'я людини, відповідно, можуть бути отримані в результаті апаратного обстеження, лікарських оглядів, лабораторно-клінічних обслідувань, які призначаються лікарем і зберігаються безпосередньо в БД у вигляді окремих таблиць, зв'язаних із медичною карткою пацієнта.

В основі функціонування комп'ютерної системи лікаря лежать безперервний обмін інформацією і обробка різних потоків статичних, клінічних, лабораторних, біохімічних довідкових даних. В рамках створення СППРЛ, відмітимо, що під лабораторно-клінічними аналізами в медицині будемо розуміти аналітичні дослідження, а під медично-діагностичними апаратами, і засобами фіксованих функціональних показників організму – фізіологічні дослідження.

На даному етапі розгляду концептуальної моделі приймають участь: пацієнт, практикуючий лікар і лікар-експерт. Найпоширенішим і прогресуючим



Позначення на рисунку:

- СС - кошти знімання, включають лікарський огляд і призначені лікарем аналітичні та фізіологічні дослідження;
- КД - конвертер даних - цей блок повинен конвертувати вхідні дані з програмних забезпечень апаратно-програмних діагностик в єдиний формат бази даних системи для простоти інтерпретування, зберігання і використання результатів і аналізів з фізіологічних досліджень;
- БВД - блок введення даних - виконує функцію введення нових даних, що зберігаються в медичній карті пацієнта. У медичній карті пацієнта фіксуються загальні відомості про пацієнта і кожне проведений захід по діагностиці хвороби;
- БД - база даних - призначена для довгострокового зберігання вихідних і даних, що надходять. Надає всю необхідну інформацію про пацієнта і про його історію хвороби. В ході діагностики захворювання в БД зберігаються встановлені лікарем симптоми, синдроми, особливості хвороби, зняті за вимогами лікаря лабораторно-клінічні дослідження, обраний алгоритм діагностики, формується висновок і все це зберігається у вигляді історії для кожного пацієнта індивідуально;
- БЗ - база знань, відповідає за призначення діагностичних процедур і складання підсумку ДІ, формує значущі закономірності з збережених даних в системі, які організовані семантичної моделлю представлення знань. На основі БД і БЗ, де зберігаються дані і пацієнта і результати ДІ: симптоми, синдроми, анамнези, аналітичні та фізіологічні складові функціонування органів за допомогою блоку прийняття рішень вибирається алгоритм діагностики захворювання, відповідна індивідуально цього пацієнтові;

- БСДА - блок створення діагностичного алгоритму - ця частина системи служить для створення диференціального алгоритму діагностики, використовуючи отримані результати аналізів хворого та практичний досвід лікаря-експерта в конкретній галузі медицини. Формується алгоритм діагностики на основі математичної моделі СППРЛ. На даному етапі будується загальна архітектура алгоритму по семантичній мережі, яка представлена в БЗ системи і є головним ядром системи прийняття рішення. Основною особливістю даної системи СППРЛ є те, що лікарі - експерти вносять свої розроблені діагностичні алгоритми, сформовані на основі досліджених показників стану здоров'я. Зберігання діагностичних алгоритмів відбувається в існуючій БД веб-сайту, що надає паралельний доступ інших практикуючих лікарів до всіх реалізованих алгоритмам експертів за класифікатором хвороби МКХ-10;
- БПР - блок прийняття рішень - надає практикуючому лікарю список існуючих алгоритмів діагностики, що класифікуються за категорією захворюваності, і у виборі експерта, який створив алгоритм по даній категорії;
- БФВ - блок формування висновку - висновок формується у вигляді встановленого клінічного діагнозу, результатів ДІ, і в призначенні лікувальних дій для пацієнта;

### 3.2 Розробка математичної моделі СППРЛ у вигляді диференціальних алгоритмів діагностики захворювань

#### 3.2.1 Діагностика захворювань

В ході першого огляду пацієнта лікар стикається з конкретною проблемою хворого. Для лікаря особливу увагу вимагає визначення



провідного симптому, як основний скарги пацієнта. Основна скарга, яка змусила людини звернутися за медичною допомогою, є первинною основою для створення попереднього способу захворювання.

Лікар-діагност в своїй практичній діяльності зазвичай, часом на рівні інтуїції, шукає відповіді на питання: «На що це найбільше схоже?». Ця логіка мислення, будучи формальною логікою, є основа того діагностичного алгоритму, тієї послідовної роботи, яка виконується лікарем в процесі діагностики від збору достовірної інформації до заключного судження .

Постановка діагнозу, за сучасними канонами, оперує на використанні формальної логіки, як «робочого інструменту» лікаря в його практичній діяльності. Так як вона являє собою процес пошуку достовірного висновку через ланцюг доведених міркувань, які послідовно переходять з одного аргументу в інший. В такому випадку потрібен новий підхід, який намагається розглядати взаємні зв'язки між симптомами, пошук співвідношення і зіставлення первинних образів захворювань, що розкриває всебічний характер перебігу процесу, і формує найбільш повне і глибоке визначення стану хворого.

Абсолютної істини, як і абсолютно достовірного діагнозу не існує, тому в кожен наступний момент необхідна така ступінь точності діагнозу, яка повинна настільки чітко відображати захворювання і стан хворого, щоб бути підставою для ефективних практичних лікарських дій . Постановка діагнозу вимагає від лікаря правильних підходів в зборі та аналізі досліджуваних даних. Сукупність усіх показників хвороби здатні обмежити число найбільш можливих випадків, також підвищити подальший пошук складання діагнозу. Без перевірки попереднього діагнозу лікар не зможе відокремити одну хворобу від іншої, тому необхідно розглядати можливі варіанти захворювань, що мають аналогічні симптоми.

Для цього необхідна диференціальна діагностика за клінічними показниками, поки не буде обраний найбільш ймовірний і відповідний діагноз зібраних даних. Відповідність результатів досліджень з попереднім діагнозом характеризує велику ймовірність прояву конкретної хвороби. Після розглянутих скарг пацієнта лікар будує гіпотезу з великого списку можливих хвороб. Початкові симптоми по конкретному стану дають поштовх в процесі формування першого припущення - образу хвороби. Керуючись вихідними даними про пацієнта, лікаря необхідно упевнитися в своїх припущеннях, на користь цієї чи хвороби виявлені дані симптоми. Під симптомами розуміємо зареєстровані ознаки прояву хвороби, а синдром - це сукупність взаємопов'язаних між собою внутрішніх симптомів. В рамках даної роботи в якості вхідних змінних діагностики виділяємо, вимірювані або оцінювані ознаки прояву хвороби, які можуть бути пов'язані з різними видами патологій. Позначимо ці складові наступним чином: починаючи від збору достовірної інформації до заключного діагнозу.

Постановка діагнозу, за сучасними канонами, оперується на використанні формальної логіки, як «робочого інструменту» лікаря в його практичній діяльності. Так як вона являє собою процес пошуку:

- Симптоми  $s_1, s_2, \dots, s_n$ ;
- Синдроми  $S_1, S_2, \dots$ ;
- Анамнез  $A_1, A_2 \dots$ ;

Для підтвердження або виключення своїх висунутих припущень лікарі проводять аналітичні та фізіологічні дослідження, що дозволяють отримати достовірну оцінку стану пацієнта. Позначимо ці складові наступним чином:

- Аналітичні показники досліджень  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ;
- Фізіологічні показники досліджень:  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ .

Під аналітичними показниками розуміємо отримані результати діагностичних досліджень, що проводяться в рамках лабораторно-клінічних обстеженнях ЛПУ. Фізіологічними показниками вважаємо медичні апаратно-програмні комплекси діагностики, що забезпечують зовнішню і внутрішню оцінку станів органів людини. Аналітичні і фізіологічні показники необхідні не тільки в процесі перевірки достовірності результатів, але і для порівняння та аналізу динаміки перебігу хвороби.

Дані складові грають важливу роль в створенні диференціального алгоритму діагностики, яка сприяє відділенню головного від випадкового, суттєвого від несуттєвого, розкриваючи тим самим їх зв'язку певними симптомами і особливостями прояви патологій захворювання. Під діагнозом увазі заключний результат в процесі клінічного дослідження лікаря зовнішніх проявів симптомів, виявлених синдромів, аналітичних та фізіологічних показників, з метою встановлення стану хворого. Саме на цьому етапі виразно проявляються можливості логічного мислення лікаря і саме тут найчастіше відбуваються логічні помилки при постановці діагнозу. На цьому ж етапі найбільш рельєфно виявляються індивідуальні особливості особистості лікаря, властивості його мислення, його інтелект, уміння накопичувати знання, і використовувати їх.

Таким чином, лікар-практик, становить «клінічний портрет», виконуючи необхідні процедури для виявлення тих чи інших показників. Перевіряючи тим самим свої судження, поступово переходить собою зіставлення первинних ознак хвороби з найбільш імовірним вибором діагнозу захворювання.

### 3.2.2 Математична модель СППРЛ

Для створення комп'ютерної системи діагностики хвороби, перш за все, пропонується побудувати математичну модель діагностики, що дозволяє визначити з великою вірогідністю наявність або відсутність зазначеної патології.

Процес пошуку діагностичного рішення на даному етапі розробки математичної моделі СППРЛ неможливий без застосування інтелектуальної автоматизованої технології створення прийняття рішень шляхом алгоритмізації і диференціювання знань.

Алгоритм процесу діагностики складається з взаємозв'язаних подій опитування пацієнта (виявлення скарг, даних анамнезу захворювання), процедур огляду для виявлення загального та локального статусу, проведення загальних і спеціальних методик . У зв'язку з цим потрібно формування функціональної математичної моделі, що реалізує оцінку стану здоров'я на кожному етапі аналізу патології і генерування можливих варіантів діагностики, використовуючи допоміжні методи і способи отримання достовірного результату.

Як інтелектуального аналізує елемента СППРЛ, що імітує людське мислення, обрана мережева модель представлення знань у вигляді конструкції семантичної мережі. «Семантична мережа» - це орієнтований граф, що складається з безлічі понять, пов'язані з поняттями властивості і події, які дозволяють наочно і повно представити логічну структуру прийняття рішень. В даному випадку, між поняттями формуються різні смислові сполучні нитки понять. Вони можуть характеризуватися набором властивостей, подій, методів знаходження взаємозв'язків. Також, в найпростіших випадках, поняття можуть бути пов'язані набором ключових слів (відносин). Відносини з :

- «Наприклад» (приклад елемента класу);
- «Значення» (значення властивості);
- «Характеризується» (атрибутивна зв'язок);
- «Має властивість» (атрибутивна зв'язок);
- «Має на увазі»;
- «Містить» ( «частина-ціле»);
- «Може містити» ( «частина-ціле»);
- "Застосовується» ( «частина-ціле»);
- «Регламентується»;
- «Описується» ( «функціональний зв'язок»).

Кінцеву мету у вигляді діагнозу захворювання знаходять на основі виявлених понять і відносин даної мережевої моделі. При цьому кожна дуга семантичної мережі може описувати необхідні методи обробки клінічних даних, а також методи їх подання, а поняття можуть представляти оцінювані параметри і імовірнісні критерії переходу. Такий підхід до подання знань дозволяє вводити в базах знань різні ієрархічні відносини між інформаційними одиницями, що досить повно відображає певний процес лікувальних дій в дослідженні патології. І все це повинно бути обґрунтовано і змодельоване нагромадженням досвідом лікаря-експерта.

Розглянемо деяку структуру семантичної мережі по діагностичним показникам, але для початку визначимо головні складові мережевої моделі. Відзначимо що, ознаками (поняттями) хвороби на увазі такі поняття як симптоми, синдроми, характерні особливості хвороби - анамнез, аналітичні показники (АП) і фізіологічні показники (ФП) (рисунок 17).

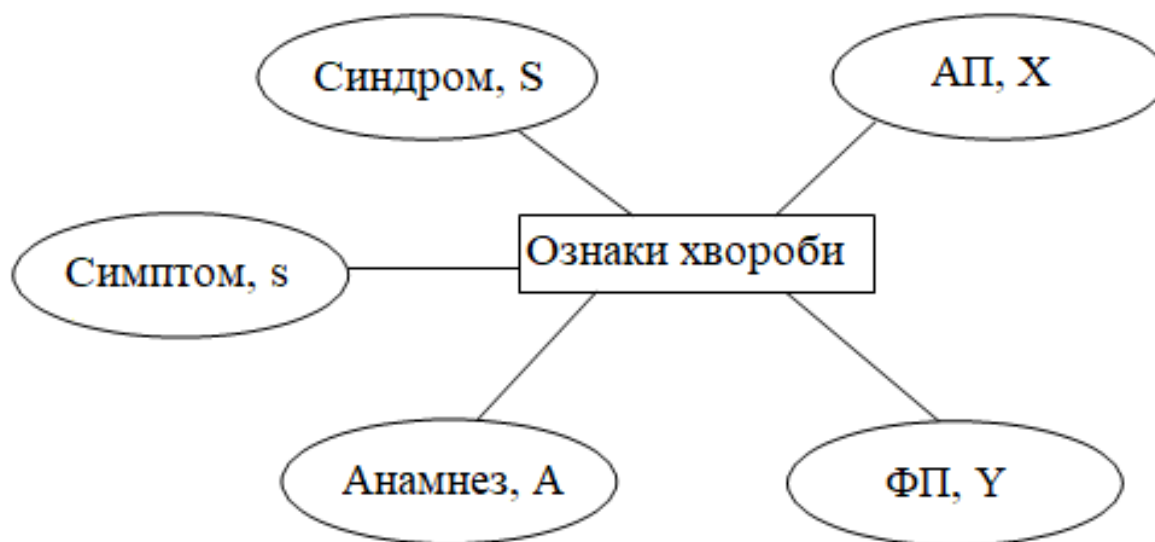


Рисунок 17 - Загальні ознаки прояву хвороби

Для подальшого подання структурної моделі відзначимо ознаки хвороби відповідними позначками як зазначено на рисунку 16. Вирішальні правила в мережевий моделі діагностичного процесу повинні включати логічні і імовірнісні методи розпізнавання даних, виявлення в ході клінічних досліджень показники, симптоми або синдроми, які відіграють основну роль у проектуванні алгоритму діагностики. Для цього доцільно застосувати, згідно, трьох альтернативній системі оцінки прийнятих рішень у формі: «менше норми» - «норма» - «більше норми». Як на рисунку 18

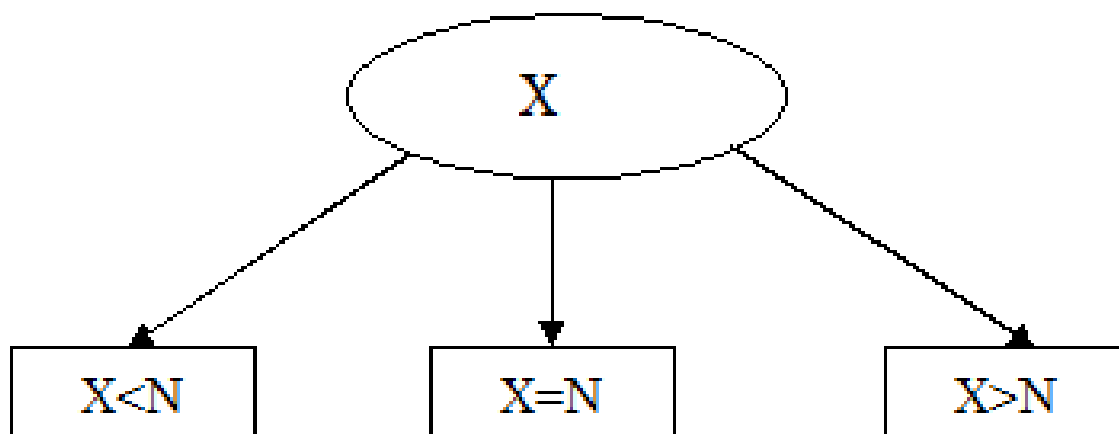


Рисунок 18 - Трьох альтернативна система оцінки прийнятих рішень, де N - норма, X - аналітичний показник.

Відповідно, нормою вважаємо діапазон оптимального коливання показників, структури і функцій здорового організму. Менше або більше норми - показують патологію стану організму. Для створення диференціального аналізу захворювання важливим критерієм є певна структура діагностичного процесу, і його кінцева мета - діагноз. В ході обробки і аналізу клінічних даних, використовуючи накопичені спостереження і досвід, лікар складає свій диференційний алгоритм діагностики з певними ймовірнісними критеріями переходу по ієрархічній структурі семантичної мережі від однієї ознаки (поняття) хвороби до іншої. Як показано на рисунку 4, типи відносин між поняттями мережевий моделі позначені знаком «b». Кожна дуга графа вказує можливу послідовність переходів в прийнятих рішеннях, що відповідатимуть їхнім діям або показниками. Під переходами будемо розуміти події, що відбуваються в лікувально - діагностичній системі (виконання діагностичних, аналітичних та допоміжних операцій), а також події, що володіють фіксованою тривалістю,

відповідно, позиції будуть являти собою умови, виконання яких тягне за собою реалізацію переходів .

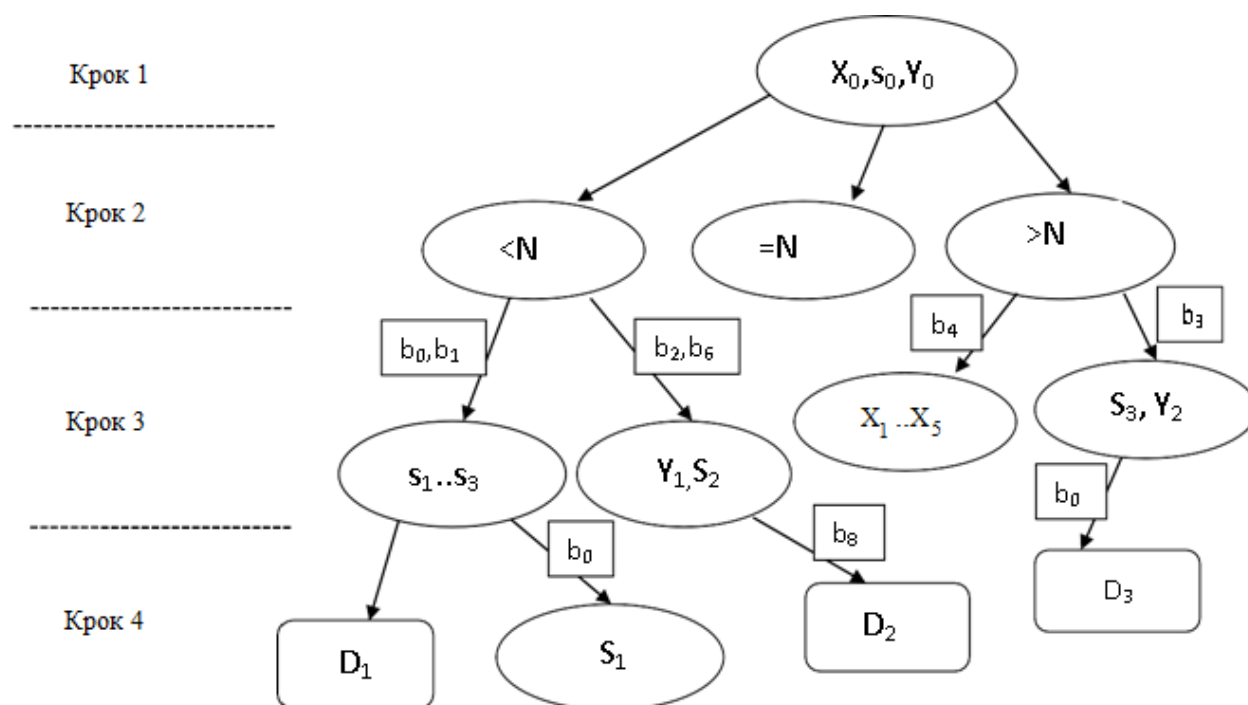


Рисунок 19 - Структурна модель семантичної мережі діагностичних показників

де  $X$ ,  $Y$ ,  $A$ ,  $s$ ,  $S$  - клінічні показники хвороби,  $b$  - типи відносин між ознаками, що включають властивості, події і методи обробки та знімання клінічних даних,  $D$  - діагноз хвороби. Діагноз захворювання є кінцевим підсумком в логічному ланцюжку диференціальних рішень, вивчених і встановлених експертами аналітичних досліджень і фізичних закономірностей протікання захворювання.

Кожен лікар-експерт, що працює в певній галузі медицини, вносить в базу знань свій реалізований алгоритм пошуку діагностичного вирішення. ЕС в даній СППРЛ мають можливість постійного поповнення бази знань лікарями експертами. Метою яких є допомога іншим початківцям лікарям і фахівцям у



виявленні діагнозу стану пацієнта і рекомендації щодо переліку лікувальних дій, які необхідно виконати для конкретного роду захворювання. Важливою вимогою в складанні спеціального алгоритму діагностики, внесеного експертами, є послідовність і точність обґрунтування обраних методів дослідження патології та їх умовиводів в застосуванні технологій семантичної мережі. Дана експертна система лікаря сприяє полегшенню процесів прийняття рішень не тільки для початківців лікарів, а й для лікарів-фахівців, що опинилися в умовах невизначеності.

Таким чином, основною ідеєю створення діагностичного алгоритму є обхід мережі симптомів і характеристик патологій, перевіряються аналітичними і фізіологічними дослідженнями, показники яких формують шляху прийняття діагностичних рішень, накопичені досвідом лікаря-експерта. Якість і ефективність використання диференціального алгоритму діагностики СППРЛ, безпосередньо залежить від попередньо сформованих шляхів аналізу та висновків ієрархічної структури діагнозів.

Дана модель СППРЛ розглядається з метою полегшення пошуку прийняття діагностичних рішень практикуючого лікаря, використовуючи доступ до збережених алгоритмам діагностики лікарів-експертів, внаслідок чого збільшиться достовірність клінічного діагнозу за обраним алгоритмом.

### 3.3 Структурна схема СППРЛ діагностичних рішень

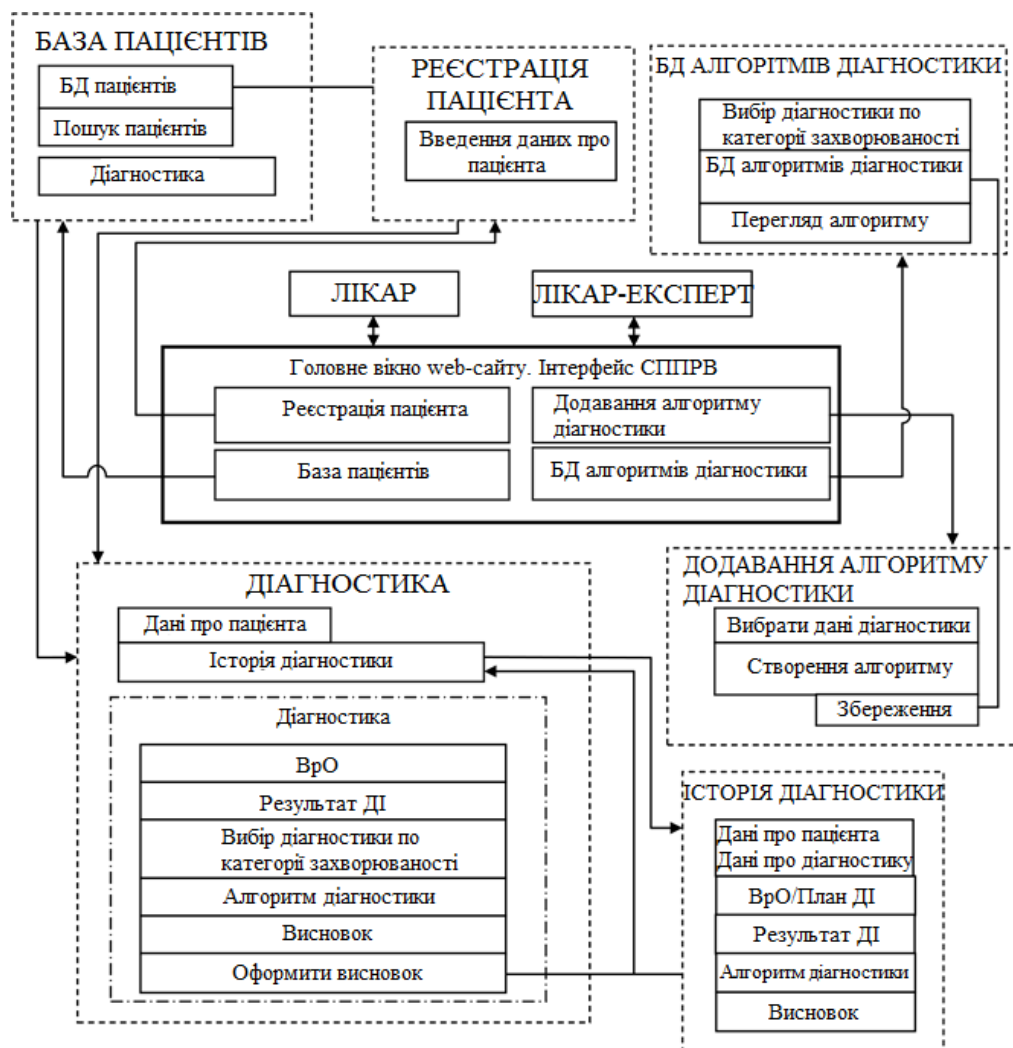


Рисунок 20 - Структурна схема веб-сайту СППРЛ

Головне вікно програми як показано на рисунку 5 складається з 4 розділів:

- Реєстрація пацієнта,
- БД пацієнтів,
- Додавання алгоритму діагностики,

- БД алгоритмів діагностики.

Розглянемо докладніше структуру і функції кожного розділу.

#### Розділ 1 - «Реєстрація пацієнта»

В даному розділі заповнюються такі дані про пацієнта:

- особисті дані про пацієнта (ПІБ, стать, дата народження);
- медичні дані (відділення, реєстраційний номер, ПІБ лікаря, дата надходження).

В інших розділах програми існує шаблон «Дані про пацієнта», в якому зазначені реєстраційні дані пацієнта.

#### Розділ 2 - «БД пацієнтів»

Розроблене сховище даних надає лікарю загальний список зареєстрованих пацієнтів з їх особистими, реєстраційними даними. Після вибору необхідного пацієнта відкривається основне вікно програми під назвою «Діагностика».

#### Основний робочий розділ СППРЛ - «Діагностика»

Діагностика є основною робочою частиною системи, що наочно відображає дані про пацієнта, ЛО, додаткові дослідження, результати проведених досліджень за індивідуальною діагностиці хвороби конкретного пацієнта і відповідно, надає практикуючим лікарям вже розроблені диференціальні алгоритми лікарів-експертів, що класифікуються за МКХ-10.

І все це зберігається як історія діагностики з прив'язаним часом проведення. У вікні робочого розділу «Діагностика» заповнюються такі дані:

- «Лікарський огляд» (ЛО). Після першого лікарського огляду в медичну карту записуються всі характеристики хвороби, які можуть містити відомості про симптоми, синдроми, анамнезі хвороби, формується попередній діагноз і план діагностики. У

цьому підрозділі вибираються обов'язкові, так і додаткові діагностичні дослідження, що відповідають вимогам лікаря зі створення алгоритму діагностики та плану лікування;

- «Результати ДІ». У міру проведення призначених лікарем заходів в підрозділі «План ДІ», заповнюються результати і спостереження лікаря за станом здоров'я пацієнта з встановленим часом проведених заходів. Для цього «Результати ДІ» по кожному досліджуваному пацієнтові встановлюються в спеціальних шаблонах відповідно до обраного клінічним дослідженням лікаря;
- «Вибір діагностики по категорії захворюваності». У цьому підрозділі надається список класів захворювань по МКХ-10, після вибору потрібного класу виводяться існуючі діагностичні алгоритми лікарів-експертів, які будуть доступні до перегляду та аналізу;
- «Історія діагностики» дає докладний опис загальних діагностичних даних для даного пацієнта, в якому зафіксовано кожен етап проведених діагностичних досліджень і їх відповідні результати для подальшого спостереження лікаря з прогнозування та аналізу характеру перебігу хвороби. Після оформлення укладення «Діагностики» дані ДІ зберігаються в «Історії діагностики» із зазначеним часом відвідування складання звіту.

### Розділ 3 - «Додавання алгоритму діагностики».

Даний розділ грає головну роль в проектуванні диференціальних алгоритмів діагностики, віднесені в одну з категорій захворюваності. Для створення діагностичних алгоритмів лікарів відповідно до їхнього профілю в медицині вибирається категорія захворюваності по МКХ-10, потім створюється новий алгоритм діагностики, яким керується лікар-експерт. Тут же задаються

«вершини» семантичної мережі для введення «понять - умов», що задовольняють критеріям і вимогам в проведенні діагностичних досліджень.

Слід зазначити, що важливу роль у звуженні найбільш ймовірних подій, відіграють «умови» переходів від відповідних вершин до наступних вершин, які, свого часу, послужать обмеженням при виборі тих чи інших методів у процесі пошуку раціональних рішень.

Таким чином, формування диференціального алгоритму діагностики заснований на професійному досвіді лікаря, що становить даний алгоритм у вигляді структурованої моделі семантичної мережі. Заповнені «поняття» і «умови» диференціального алгоритму є важливими складовими в прийнятті ефективних і значущих рішень в ході діагностики.

Сформований алгоритм лікаря зберігається в розділі 4 - «БД алгоритмів діагностики» програми з зазначеними «даними про діагностику», яка відносить реалізований алгоритм в відповідну категорію захворюваності по МКХ-10.

### 3.4. Вибір програмних засобів

Для розробки веб-сайту використана оптимізований для цих цілей JetBrains WebStorm.

JetBrains WebStorm — це інтегроване середовище розробки для JavaScript, HTML та CSS від компанії JetBrains, розроблена на основі платформи IntelliJ IDEA. WebStorm є спеціалізованою версією PhpStorm. WebStorm постачається з перед-установленим плагінами JavaScript (такими як для Node.js), котрі доступні для PhpStorm безоплатно. Він підтримує такі мови як: JavaScript, CoffeeScript, TypeScript та Dart.

Його головними перевагами є автодоповнення, аналіз коду на льоту, навігація по коду, рефакторинг, зневадження та інтеграція з системами

управління версіями. Важливою перевагою інтегрованого середовища розробки WebStorm є робота з проектами (у тому числі, рефакторинг коду JavaScript, що міститься в різних файлах і теках проекту, а також вкладеного в HTML). Підтримується множинна вкладеність (коли в документ на HTML вкладений скрипт на Javascript, в який вкладено інший код HTML, всередині якого вкладений Javascript) — в таких конструкціях підтримується коректний рефакторинг.

Метою даного об'єкта є створення платформи, на основі якої можна реалізувати інші вузькоспеціалізовані інструменти. Відповідно головна частина програми, що розробляється діагностичної СППРЛ написана на мові програмування Python і JavaScript.

Java Script – динамічна, прототипна мова програмування, заснована на парадигмі ООП. Найчастіше застосовується для створення сценаріїв для веб-сторінок, що надає можливість на стороні клієнта взаємодіяти з користувачем, керувати браузером, проводити обмін даними з сервером, змінювати структура та вигляд веб-сторінки. JavaScript класифікують як прототипну (підмножина об'єктно-орієнтованої), скриптову мову програмування з динамічною типізацією. Окрім прототипної, JavaScript також частково підтримує інші парадигми програмування (імперативну та частково функціональну) і деякі відповідні архітектурні властивості, зокрема: динамічна та слабка типізація, автоматичне керування пам'яттю, прототипне наслідування, функції як об'єкти першого класу. Ця мова програмування найчастіше використовується для:

- надання інтерактивності веб сторінкам;
- створення одно сторінкових веб-додатків (ReactJS, AngularJS, Vue.js);
- програмування на серверній стороні (Node.js);

- стаціонарних додатків;
- мобільних додатків (React Native);
- сценаріїв в прикладному ПЗ (наприклад, в програмах зі складу Adobe Creative Suite чи Apache JMeter);
- всередині PDF-документів тощо.

Використовувалася бібліотека JavaScript - jQuery для створення алгоритму діагностики на основі плагіна jsTree. jsTree - це плагін jquery, який дозволяє створювати інтерактивні дерева, легко розширюваний, зручний і налаштовуваний, підтримує джерела даних HTML & JSON та завантаження AJAX.

jQuery — популярна JavaScript-бібліотека з відкритим сирцевим кодом. Згідно з дослідженнями організації W3Techs, JQuery використовується понад половиною від мільйона найвідвідуваніших сайтів. jQuery є найпопулярнішою бібліотекою JavaScript, яка посилено використовується на сьогоднішній день.

Синтаксис jQuery розроблений, щоб зробити орієнтування у навігації зручнішим завдяки вибору елементів DOM, створенню анімації, обробки подій, і розробки AJAX-застосунків. jQuery також надає можливості для розробників, для створення плагінів у верхній частині бібліотеки JavaScript. Використовуючи ці об'єкти, розробники можуть створювати абстракції для низькорівневої взаємодії та створювати анімацію для ефектів високого рівня. Це сприяє створенню потужних і динамічних веб-сторінок.

Системою управління базами даних служить MySQL та веб додаток для керування phpMyAdmin. MySQL — одна з найпоширеніших систем керування базами даних. Вона використовується, в першу чергу, для створення динамічних веб-сторінок, оскільки має чудову підтримку з боку різноманітних мов програмування. PhpMyAdmin — веб-додаток з відкритим кодом на мові PHP із графічним веб-інтерфейсом для адміністрування бази даних MySQL

або MariaDB. phpMyAdmin дозволяє через браузер здійснювати адміністрування сервера MySQL, запускати запити SQL, переглядати та редагувати вміст таблиць баз даних. Ця програма користується великою популярністю у веб-розробників, оскільки дозволяє керувати базою даних MySQL без вводу SQL команд через дружній інтерфейс і з будь-якого комп'ютера під'єданого до інтернету без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення.

Частина роботи, що стосується нейронних мереж була реалізована на мові програмування Python. Для виконання поставлених завдань було використано бібліотеку TensorFlow.

TensorFlow — відкрита програмна бібліотека для машинного навчання цілій низці задач, розроблена компанією Google для задоволення її потреб у системах, здатних будувати та тренувати нейронні мережі для виявлення та розшифровування образів та кореляцій, аналогічно до навчання й розуміння, які застосовують люди. Як надлаштування було використано Keras — відкрита нейромережева бібліотека, написана мовою Python. Ця бібліотека містить численні реалізації широко вживаних будівельних блоків нейронних мереж, таких як шари, цільові та передавальні функції, оптимізатори, та безліч інструментів для спрощення роботи із зображеннями та текстом.

Оскільки ми використовуємо метод навчання з учителем, нам потрібен тестовий набір даних. Дістати зображення діагностики пухлинних процесів досить важке завдання, тому у роботі використано набір даних Cifar-10 для тестування системи.



### 3.5 Алгоритми роботи блоків веб-сайту СППРЛ

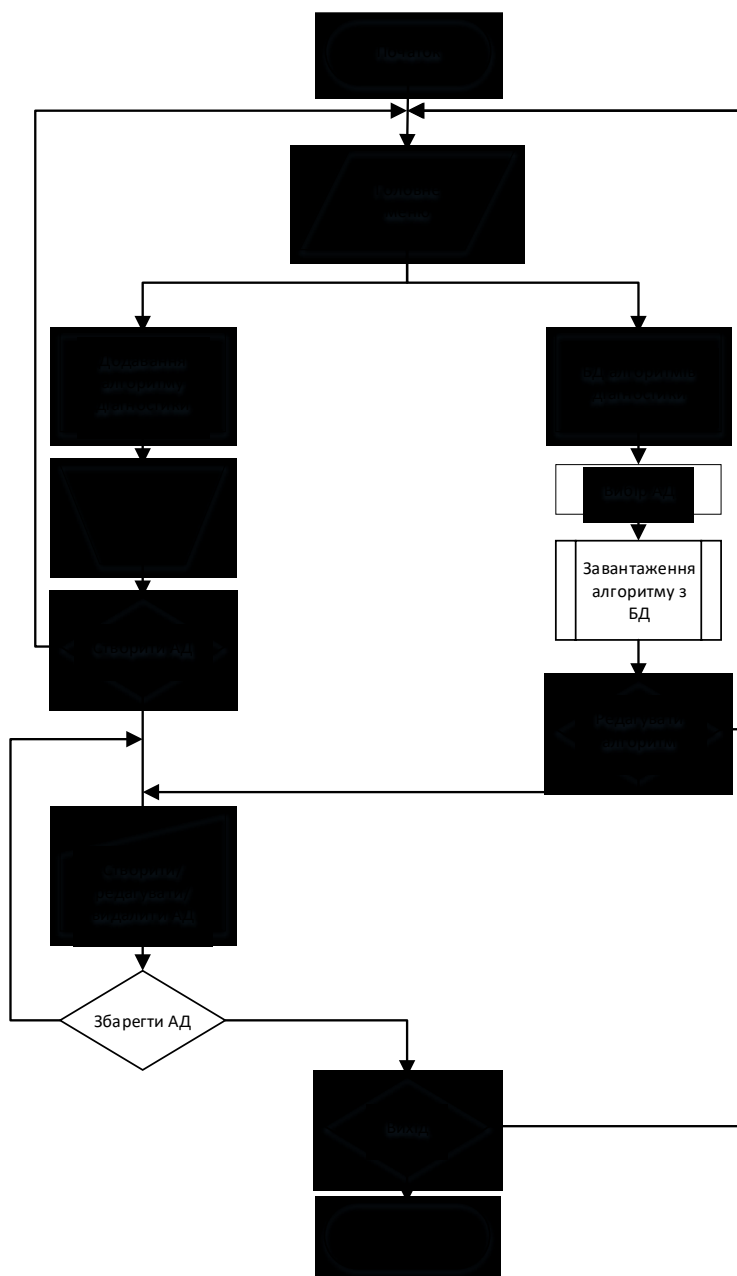


Рисунок 21 - Алгоритм роботи блоків «Додавання алгоритм діагностики» і «БД алгоритмів діагностики»

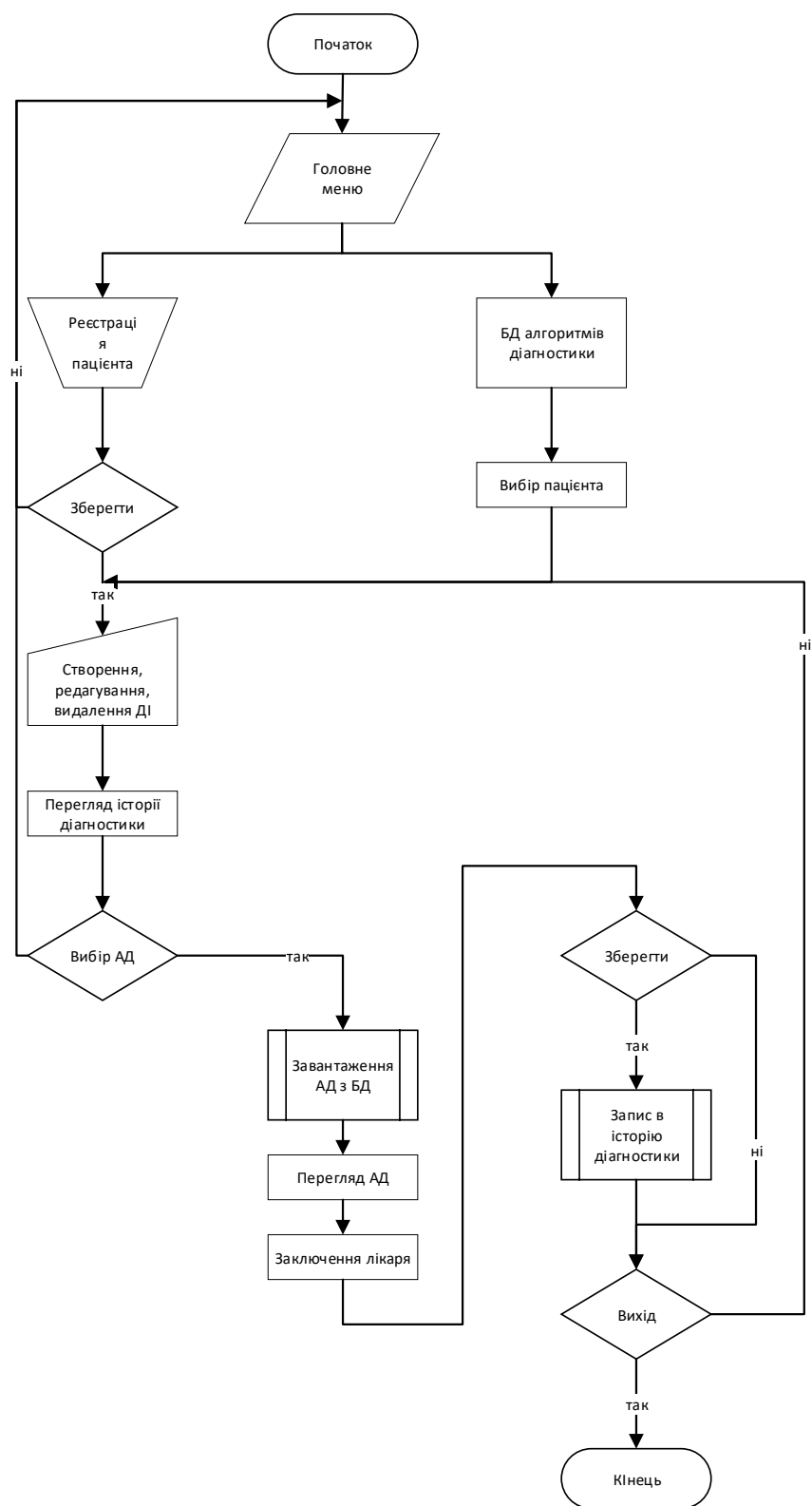


Рисунок 22 - Алгоритм роботи розділів «Реєстрація пацієнта» і «База пацієнтів»

Результати розробленого веб-сайту СППРЛ діагностичних рішень

Головне меню СППРЛ - це основне вікно веб-сайту СППРЛ, що відображає інтерфейс робочої програми після її відкриття. Інтерфейс сайту призначений для здійснення роботи користувача з розробленою програмою СППРЛ, де виводяться головні робочі посилання програми: «Реєстрація пацієнта», «База пацієнтів», «Додавання алгоритму діагностики» і «БД алгоритмів діагностики».

Екранний вигляд інтерфейсу веб-сторінки представлений на рисунку 22

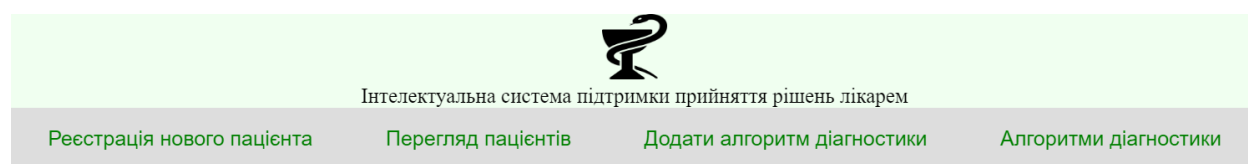


Рисунок 23 - Головне вікно веб-сайту СППРЛ

Для розробки блоку створення діагностичних алгоритмів (БСДА) (як показано на рисунку 1) на інтерфейсі СППРЛ існує посилання на вікно програми під назвою «Додавання алгоритму діагностики», яку при відкритті представлена на рисунку 9. У цьому вікні, в першу чергу, вводяться дані про назву АТ і ПІБ лікаря-експерта, що реалізує диференційний алгоритм діагностики. Після цього вибирається в розділі «Діагностика по категорії захворюваності» необхідний лікаря клас захворювань по МКХ-10. Відзначивши відповідний клас до створюваного алгоритму, переходимо до нижньої частини вікна в розділ «Алгоритм».



Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень лікарем

## Додавання алгоритму діагностики

Введіть назву

Виберіть категорію захворювання, що буде діагностуватися

- ☐ I. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби
- ☐ II. Новоутворення
- ☐ III. Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення з залученням імунного механізму
- ☐ IV. Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин
- ☐ V. Розлади психіки та поведінки
- ☐ VI. Хвороби нервової системи
- ☐ VII. Хвороби ока та його придаткового апарату
- ☐ VIII. Хвороби вуха та соскоподібного відростка
- ☐ IX. Хвороби системи кровообігу
- ☐ X. Хвороби органів дихання
- ☐ XI. Хвороби органів травлення
- ☐ XII. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини
- ☐ XIII. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини
- ☐ XIV. Хвороби сечостатевої системи
- ☐ XV. Вагітність, пологи і післяпологовий період
- ☐ XVI. Окремі стани, що виникають у пренатальному періоді
- ☐ XVII. Вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення
- ☐ XVIII. Симптоми, ознаки та відхилення від норми, виявлені при клінічних та лабораторних дослідженнях
- ☐ XIX. Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин
- ☐ XX. Зовнішні причини захворюваності та смертності
- ☐ XXI. Фактори, що впливають на стан здоров'я населення та звертання до закладів охорони здоров'я

Зберегти!

Скинути

Рисунок 24 - вікно «Додавання алгоритму діагностики»

Для представлення процесу створення алгоритму діагностики розглянемо, на прикладі, етапи побудови диференціального алгоритму діагностики захворювання синдрому тиреотоксикозу (ТТГ). Для цього виділяємо курсором поле «початок» (як показано зеленим кольором на рисунку 23) і натискаємо кнопку «створити», внаслідок чого створюється перша гілка алгоритму діагностики (на рисунку 24)

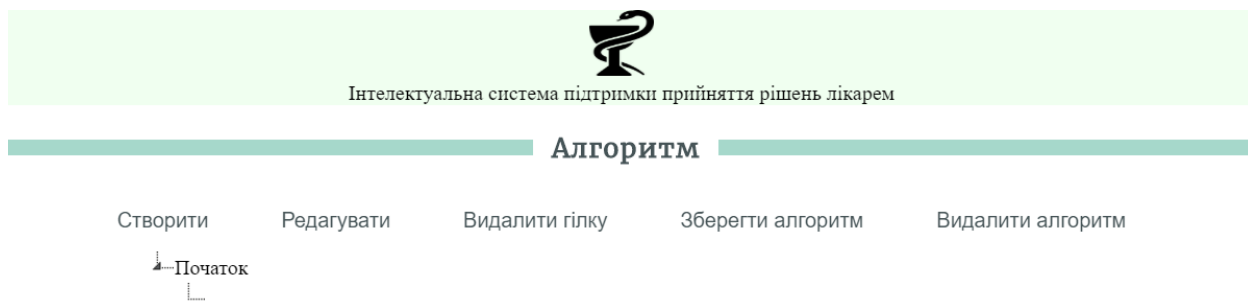


Рисунок 25 - Створення гілок алгоритму діагностики

Проектування наступних гілок алгоритму вимагає так само виділення поля гілки до якої хочемо прив'язати наступну, і натисканням на кнопку «створити», отримуємо пов'язану до неї гілку.

На рисунку 24 показаний приклад створення паралельних гілок на першому кроці дослідження, де вказані можливі показники ТТГ, що визначають подальші дії діагностики.



Рисунок 26 – Приклад створення паралельних гілок

Далі сформувавали початковий алгоритм діагностики синдрому ТТГ (як на рисунку 27).



Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень лікарем

## Алгоритм

Створити Редагувати Видалити гілку Зберегти алгоритм Видалити алгоритм

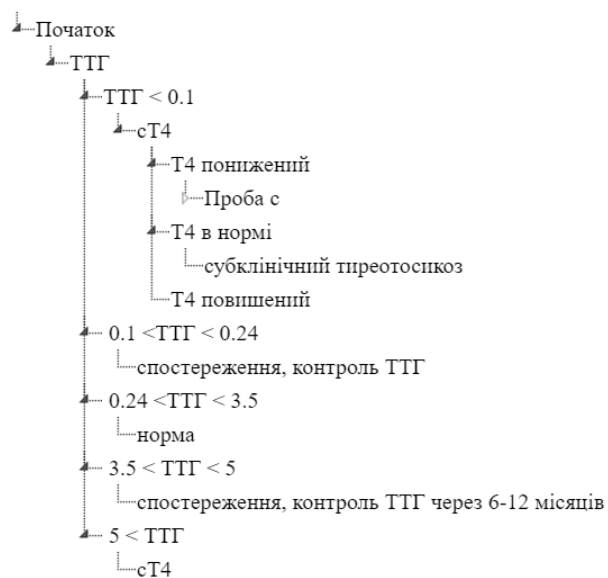
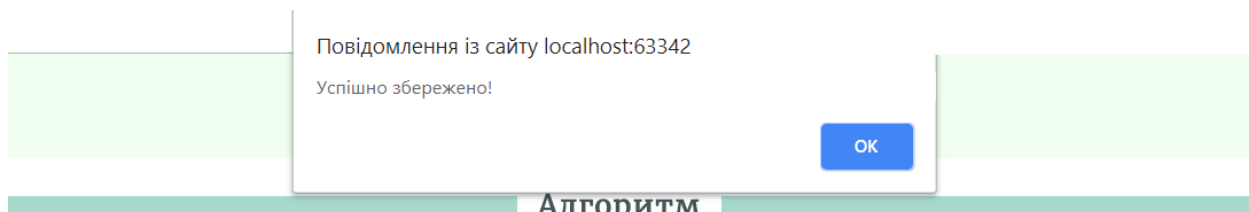


Рисунок 27 - Диференціальний алгоритм діагностики синдрому ТТГ

Зберігаємо сформований алгоритм в БД класифікатора МКХ-10 натисканням кнопки «Зберегти алгоритм» (на рисунку 12).



### Алгоритм

Створити Редагувати Видалити гілку Зберегти алгоритм Видалити алгоритм

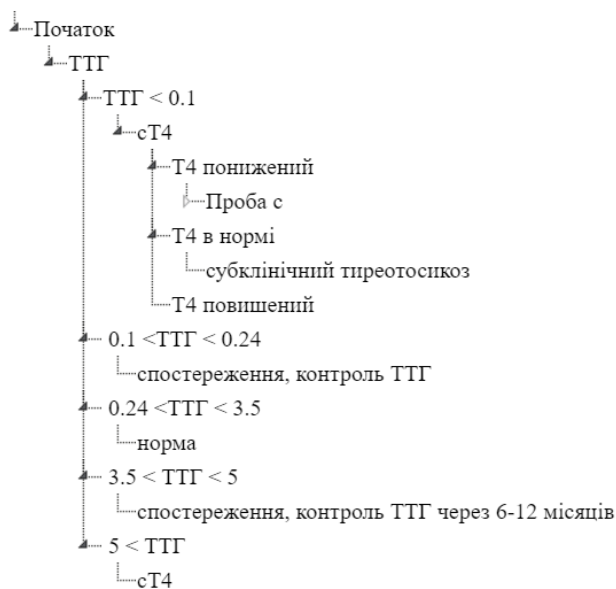


Рисунок 28- Збереження створеного алгоритму

Відповідно, в розділі «БД алгоритмів діагностики» можемо знайти збережений алгоритм діагностики виділивши клас «IV Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин »(на рисунку). Так само програма має функціональні кнопки, призначені для редагування, видалення гілки і видалення всього алгоритму.



Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень лікарем

## База алгоритмів діагностики

Редагувати алгоритм

Видалити алгоритм

- I. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби
- II. Новоутворення
- III. Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення з залученням імунного механізму
- IV. Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин
- Синдром ТТГ - Іванова І.І.**
- V. Розлади психіки та поведінки
- VI. Хвороби нервової системи
- VII. Хвороби ока та його придаткового апарату
- VIII. Хвороби вуха та соскоподібного відростка
- IX. Хвороби системи кровообігу
- X. Хвороби органів дихання
- XI. Хвороби органів травлення
- XII. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини
- XIII. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини
- XIV. Хвороби сечостатевої системи
- XVI. Окремі стани, що виникають у пренатальному періоді
- XVII. Вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення
- XVIII. Симптоми, ознаки та відхилення від норми, виявлені при клінічних та лабораторних дослідженнях
- XIX. Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин
- XX. Зовнішні причини захворюваності та смертності
- XXI. Фактори, що впливають на стан здоров'я населення та звертання до закладів охорони здоров'я

Рисунок 29 - Пошук збереженого алгоритму діагностики



Вид вікна «Реєстрації пацієнта» виглядає наступним чином:

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень лікарем

Реєстрація нового пацієнта    Перегляд пацієнтів    Додати алгоритм діагностики    Алгоритми діагностики

### Реєстрація нового пацієнта

Ім'я:

Прізвище:

По батькові:

Дата:

Відділення:

Лікар:

Рисунок 30 - Вид вікна «Реєстрація пацієнта»

В поле введення тексту записуються такі дані про пацієнта, як показано на рисунку 30. При натисканні кнопки «Зареєструвати» - вікно програми відразу переводить користувача в розділ «Діагностики», а введені дані про пацієнта автоматично зберігаються в розділі «База пацієнтів» у вигляді таблиці. У розділі «Діагностика» існує підрозділ званий «Лікарською оглядом», в якій заповнюються форми діагностичних показників стану здоров'я пацієнта, такі як «симптоми», «синдроми», «анамнез» і деякі «фізіологічні показники». Також в цьому розділі можна внести дані про «план діагностики».

попередньому діагнозі », в ході призначаються лікарем лікувальних дій вибираються аналітичні та фізіологічні дослідження (рисунк 30).



Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень лікарем

## Діагностика

### Фізіологічні дослідження

Додати дослідження

ЕКГ ▼

Додати дослідження

Комп'ютерна томографія ▼

### Аналітичні дослідження

Додати дослідження

Біохімічні ▼

Додати дослідження

Загальноклінічні ▼

Рисунок 31 - Вид вікна розділу «Діагностика»

**Інформація про діагностику пацієнта**

ПІБ: Петров Петро Петрович

Дата звернення: 01.12.2018

Дата народження: 14.07.1991

Відділення: Хірургія

Лікар: Степанюк В.І.

Дата реєстрації: 25.09.2017

**Симптоми****Синдроми****Анамнез****Фізіологічні показники****План діагностики****Аналітичні дослідження****Фізіологічні дослідження****Ультразвукові дослідження****Алгоритм діагностики**

Синдром ТТГ – Іванов І.І.

**Клінічний діагноз**

ТТГ в нормі

**Лікувальні заходи**

Рисунок 35 - Діагностичні дослідження в розділі «Діагностика»

**Висновки до розділу**

У даному розділі описано етап розробки алгоритмічного та програмного забезпечення систем. Розроблено алгоритмічну модель системи підтримки прийняття рішень лікарем. Протестовано роботу класифікатора для виявлення пухлинного процесу. Побудовано математичну модель діагностики, що

дозволяє визначити з великою вірогідністю наявність або відсутність зазначеної патології.

Алгоритм процесу діагностики складається з взаємозв'язаних подій опитування пацієнта (виявлення скарг, даних анамнезу захворювання), процедур огляду для виявлення загального та локального статусу, проведення загальних і спеціальних методик . У зв'язку з цим потрібно формування функціональної математичної моделі, що реалізує оцінку стану здоров'я на кожному етапі аналізу патології і генерування можливих варіантів діагностики, використовуючи допоміжні методи і способи отримання достовірного результату.

Також було розроблено структурну схему СППРЛ діагностичних рішень, яка складається з чотирьох основних розділів. Функціонал цих розділів був розглянутий та описаний. Було наведено алгоритми роботи блоків веб-сайту.

У даному розділі було розглянуто платформу на якій створювалася система. Програмні засоби, які використовуються. Визначено їх переваги, та обґрунтовано чому саме вони застосовані.

## РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів. Узагальнено етапи розроблення стартап-проекту можна подати таким чином:

### 1. Маркетинговий аналіз стартап-проекту

В межах цього етапу:

- розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
- на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту.

### 2. Організація стартап-проекту

В межах цього етапу:

- складається календарний план-графік реалізації стартап-проекту;
- розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
- визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формується потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
- розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

### 3. Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

В межах цього етапу:

- визначається обсяг інвестиційних витрат;
- розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);
- визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

### 4. Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти). Він передбачає:

- визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
- складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
- планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
- планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

Означені етапи, реалізовані послідовно та вчасно – створюють передумови для успішного ринкового старту. Проте фахівці зі створення та розвитку стартап-проектів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможливорюють розробку ринково затребуваного проекту із

вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартапкомпаній, і ця проблема може бути вирішена за рахунок навчання винахідників. Відповідно, основним призначенням даних Методичних рекомендацій є надання студентам знань щодо суті, основних принципів розроблення стратегії ринкового впровадження та маркетингового управління інноваційними стартаппроєктами у промислових галузях економіки, використання ефективних маркетингових інструментів просування високотехнологічних продуктів виробництва та послуг.

#### 4.1 Опис ідеї проекту

В межах підпункту слід послідовно проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- зміст ідеї (що пропонується);
- можливі напрямки застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

**Зміст ідеї.** Пропонується створити інтелектуальну систему медичної діагностики, яка основана на використанні штучних нейронних мереж і забезпечує підтримку прийняття рішень відносно діагнозу хвороби.

**Можливі напрямки застосування.** В першу чергу медицина, де потрібно швидко поставити діагноз при недостатній кваліфікації лікарів.

**Основні вигоди,** що може отримати користувач товару. Об'єктивна та швидка постановка медичного діагнозу, що дозволяє правильно лікувати хворих і скоротити час їх видужання.

**Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї** порівняно із пропозиціями конкурентів.

1. Конкуренти в Україні відсутні через практичну відсутність фахівців в галузі штучного інтелекту, слабка технічна забезпеченість державних медичних закладів, відсутність розуміння необхідності створення таких систем.

2. Потенційні конкуренти практично відсутні через відсутність кваліфікованих фахівців та бажанням заробляти великі та “швидкі” гроші.

3. Товарів замінників нема. Закордонні аналоги коштують занадто дорого, що робить їх економічно не вигідними в Україні.

4. Постачальники, що конкурують за ринкову владу відсутні через неспроможність надати медичні послуги такого класу.

5. Споживачі – медичні діагностичні заклади, лікарні, госпіталі, санаторії, медичні університети.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання штучного інтелекту для обробки відео зображень УЗД та побудови підсистема підтримки прийняття рішень	1. Діагностика патологій	1. Діагностування різного виду патологій за допомогою апаратних та програмних засобів
	2. Допомога у встановленні клінічного діагнозу	1. Пришвидшення встановлення клінічного діагнозу, підвищення достовірності встановленого діагнозу



Таблиця 2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабк а сторон а)	N (нейтраль на сторона)	S (сильн а сторон а)
		Мій проект	Nist			
1.	Кроссплатформен ність	Можливіст ь використа ння на різних пристроях	На ПК під ОС Windows		+	
2.	Собівартість	Низька	Висока			+
3.	Зручність	Зручний інтерфейс	Інтуїтив но не зрозуміл ий		+	
4	Точність	Висока	Висока			+

#### 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 4.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Використання штучного інтелекту для обробки відео зображень УЗД та побудови підсистема підтримки прийняття рішень	Технологія 1 Використання нечіткого логічного висновку	наявна	доступна
		Технологія 2 Використання нечітких нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна
		Технологія 3 Використання гібридних нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: технологія 1, а при наявності якісної навчальної вибірки- технологія 2				

Ідея проекту - створити інтелектуальну систему медичної діагностики, яка основана на використанні штучних нейронних мереж.

Технологія 1. Використання нечіткого логічного висновку. Дана технологія наявна. Авторам проекту вона доступна.

Технологія 2. Використання нечітких нейронних мереж . Дана технологія наявна але передбачає наявність якісної навчальної вибірки. Авторам проекту дана технологія доступна.

Технологія 3. Використання гібридних нейронних мереж. Дана технологія потребує доробки, передбачає наявність якісної навчальної вибірки. Авторам проекту дана технологія доступна.

Обрана технологія реалізації ідеї проекту – технологія 1, а при наявності якісної навчальної вибірки- технологія 2.

#### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап–проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Біля 30
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 млн.дол. США
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Дозвіл Міністерства охорони здоров'я
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність національним стандартам
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	R = 37%

На основі аналізу даних, наведених у таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження.

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).

Таблиця 5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Високоєфективна медична діагностика захворювань щитовидної залози	медичні діагностичні заклади, лікарні, госпіталі, санаторії, медичні університети.	стандарти	Висока якість товару

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 6-7).

Таблиця 6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вартість діагностичного обладнання УЗД, КТ, МРТ	Підвищення ціни	Зміна постачальників
2	Висококваліфікований обслуговуючий персонал	Відсутність	Організація підготовки висококваліфікованого обслуговуючого персоналу

Таблиця 7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Об'єм продажу	Ріст попиту	Поставки додаткової кількості систем
2.	Функціонал діагностичної системи	Розширення можливостей системи	Реалізація розширення можливостей системи

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 8)

Таблиця 8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - олігополія	Домінує невелика кількість продавців, а вхід в галузь нових фірм обмежений високими бар'єрами.	Покращити рекламу
2. За рівнем конкурентної боротьби - національна	Між компаніями всередині країни	Розширити функціонал дії діагностичної системи
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Між компаніями всередині країни	Знизити вартість програмного забезпечення
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Покращити якість діагностування
5. За характером конкурентних переваг - цінова і нецінова	Ведуться цінові війни, а також в нецінові форматі, за рахунок кількості і якості послуг, що надаються	Покращити якість діагностування

## Закінчення таблиці 8

6. За інтенсивністю - не марочна	Використовуються прийоми, що ставлять учасників ринку в нерівне становище	Знайти підтримку у Міністерстві охорони здоров'я
----------------------------------	---	--

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера, додаток А) (табл. 9).

Таблиця 9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку заміників
Висновки:	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливість входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари заміники

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також було зроблено висновок щодо характеристик, які повинен мати проект, щоб бути конкурентноспроможним на ринку. Цей висновок був врахований при формулюванні переліку факторів конкурентноспроможності у наступному пункті.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (табл. 9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (табл. № 6-7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 10

Таблиця 10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Алгоритмічне забезпечення	Використовується штучний інтелект
2	Програмне забезпечення	Використовуються сучасні пакети з штучними нейронними мережами

Робиться висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 11).

Таблиця 11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Інтелектуальна система медичної діагностики»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Час складання	18				+			
2	Можливість аналізу результатів	15			+				
3	Комплексний підхід	10					+		
4	Надійність	15					+		
5	Простота реалізації	10			+				
6	Якість	17		+				+	
7	Технічне обслуговування	15						+	

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впроваджен-ня проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та силь-них і слабких сторін (табл. 11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (про-гнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. На-приклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 12. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зменшення часу визначення діагнозу;</li> <li>2. Зменшення фінансових затрат на дослідження;</li> <li>3. Краща надійність;</li> <li>4. Краща якість продукції;</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Складність у визначенні алгоритму;</li> <li>2. Затрати на обладнання;</li> <li>3. Унікальне ПЗ для обробки результатів;</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закріпитись на ринку товарів та послуг;</li> <li>2. Конкурентоспроможність;</li> <li>3. Іноземні інвестиції;</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неможливість малих підприємств дозволити використання новітньої техніки;</li> </ol>

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенцій-ні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 9, аналіз потенційних конкурентів).



Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 13).

Таблиця 13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Залучення нових споживачів — рекламувати товар в профільних установах для створення стійкого попиту та заохочення.	Ймовірність висока, оскільки якщо дана альтернатива виявиться новітньою розробкою, споживачі запитуватимуть продукт у посередників, а ті в свою чергу у виробника.	1 рік
2	Використовувати застарілий метод для роботи, адже більшість клієнтів на ринку не в змозі дозволити оновити виробництво	Ймовірність мала, оскільки існує альтернативна конкуренція на ринку.	6 місяців
3	Робота з сучасними представниками на ринку, в яких використання новітніх технологій витісняє застаріле.	Ймовірність висока, оскільки даний проект має велику кількість переваг, є інноваційним, що в поєднанні з новітніми технологіями створить	5 місяців

Закінчення таблиці 13

		великий попит серед споживачів.	
--	--	---------------------------------------	--

Після аналізу зазначити обрану альтернативу. З означених альтернатив обирається та, для якої: а) отримання ресурсів є більш простим та ймовірним; б) строки реалізації – більш стислими.

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 14).

Таблиця 14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медичні діагностичні заклади	Готові	60%	Висока	Без обмежень
2	Лікарні	Готові	15	Середня інтенсивність	Без обмежень
3	Госпіталі	Готові	10	Низька інтенсивність	Без обмежень
4	Санаторії	Готові, при наявності потреби	5	Низька інтенсивність	Без обмежень
5	Медичні університети	Готові, при наявності потреби	10%	Низька інтенсивність	Без обмежень
Які цільові групи обрано: медичні діагностичні заклади, лікарні, госпіталі, санаторії, медичні університети.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій то-вар, та визначають стратегію охоплення ринку:

- якщо компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу;
- якщо працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу – вона використовує стратегію диференційованого маркетингу;
- якщо компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизо-вану програму (включно із характеристиками товару/послуги) – вона використовує масовий маркетинг.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 15).

Таблиця 15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Встановлення низької ціни на новий товар для залучення більшої кількості покупців і завоювання великої долі ринку.	Стратегія диференційо ваного маркетингу	<div>■</div> комплексний підхід; <div>■</div> доступність; <div>■</div> простота реалізації; <div>■</div> мобільність; <div>■</div> низькі затрати.	Стратегія диференціації

Висновки: обрана стратегія розвитку спеціалізація через існування на ринку більш сильніших гравців. На перших кроках існування проекту доцільніше обрати стратегію спеціалізації та зайняти певну стабільну нішу на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 16).

Таблиця 16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Забирати існуючих у конкурентів.	Ні. Суть товару збільшити точність встановлення діагнозу, та зменшити час на його встановлення	Стратегія виклику лідера.

Висновки: оскільки проект не є першопрохідцем та має суттєві переваги по відношенню до свого прямого конкурента, можливо обрати стратегію виклику лідеру. Це є можливим на фоні використання інноваційних методів підвищення точності алгоритмічного забезпечення.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Забезпечує високу точність діагностики; знижує витрати; більша надійність	Стратегія диференціації	Комплексний підхід; Точність; Економічність;	За показниками якості; За сферою застосування; За різновидом товару.

Висновки: На ряду із використання інноваційних методів підвищення точності, проект повинен викликати асоціації у клієнта у гнучкості налаштування та діагностики, можливості після продажної підтримки та високої якості виготовлення.

#### 4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність діагностики.	Точність забезпечується використанням інноваційної технології.
2	Економічність	зменшуються витрати на встановлення діагнозу	Зменшується час на постановку діагнозу

Висновки: в результаті визначення переваг концепції товару можливо створення цільвої реклами товару та донесення цільового повідомлення до кінцевого клієнта.

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 19).

Таблиця 19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічні	Нм	Вр
	2. Технічні	М	Тх
	3. Надійності	М	Тл
	4. Технологічні	М	Тх
	Якість: патент на корисну модель, Пакування		

	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Медична діагностична система
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість аналізу та удосконалення системи.
	Після продажу можливість створення нового ПЗ та модифікація існуючого
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист ПЗ	

Висновки: основними засобами захисту від копіювання є патентування програмних та апаратних рішень, що використовуються у приладі. Окрім того, захист програмного коду повинен запобігти копіювання програми. Закладені характеристики товару роблять його унікальним серед конкурентів.

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товаризамінники	Рівень цін на товарианалоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	80000 \$	120000 \$.	10-15 0000000 \$.	100000/1500 00\$.

Висновки: обрано середню цінову категорію, оскільки занадто висока ціна відлякує споживача.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості	Потачальник виконує такі основні функції: транспортування, складування, зберігання, доробка, просування до оптових і роздрібних торгових ланкам.	0 (без посередників)	Власна система збуту

Висновки: основними каналами збуту є підписка та продаж. Через відносно не велику цільову аудиторію немає сенсу використовувати підрядників для реалізації товару. Тому обрано нульовий рівень глибини каналу збуту та власна системи збуту.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо об-рану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 22).



Таблиця 22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Комплексний підхід; Доступність; Мобільність;	Інформування споживачів; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Даний продукт є інноваційним та унікальним

Маркетингова комунікація проходить через рекламу в профільних групах соціальних мережах, на заходах медичного характеру, на спортивних заходах та такого типу, що пропагандують ЗОЖ. Метою цих оголошень є донесення можливостей даної системи та вигоди від використання.

### Висновки до розділу

Даний розділ присвячений розробленню першого етапу створення стартап проекту. Найголовнішим в проведенні будь-якої наукової роботи є подальша комерціалізація отриманих результатів та можливість застосування розробленої концепції в промисловості. Більшість ідей в тій чи іншій мірі впливають на економічну складову підприємства. Тому розроблена ідея може бути використана як бізнес модель та може бути продана зацікавленим особам.

Першим кроком було відбір та висвітлення самої ідеї проекту. Для цього приведено назву проекту та можливі зацікавлені сторони, котрі будуть потенційними споживачами продукту та які саме ризики можуть бути під час реалізації. Аналіз слабких та сильних сторін дають можливість автору проекту

визначити аспекти, на яких слід зробити ставку. Перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї дає можливість до уявлення конкурентоспроможності запропонованого рішення. Для даного проекту було обрано не зайняту нішу товару у сфері медичної діагностики та у медичних закладах. Сильними сторонами проекту являються можливість до інтеграції з іншими приладами та підвищення стійкості та надійності системи. Наступним кроком проводився технологічний аудит проекту. Під час аудиту автор отримує можливість до розуміння кращої технології виконання. Виявлено що більшість технологій вже існує, однак використання останніх не дасть можливості мати переваги над конкурентами. Саме ставка на інноваційні методи підвищення точності можуть зробити пристрій унікальним та незамінним. Загалом, створення проекту можливе, однак необхідно провести доволі сильну рекламну компанію, щоб отримати покупців.

Зважаючи на стрімкий розвиток технологій, для швидкого отримання ресурсів та прибутків, слід обрати кооперацію, як форму ринкового впровадження проекту. Тобто, для того щоб встигнути за ринком, слід не розроблювати систему з нуля, оскільки це займе доволі багато часу, а запропонувати лідерам ринку використання запропонованих програмних рішень. Звісно, це є альтернативою, оскільки в такому випадку ні одна зі сторін не отримає повного прибутку.

Після аналізу всіх аспектів ринку, подальша імплементація проекту можлива. Але є одна важлива умова. Слід провести доволі сильну рекламну компанію, та донести до споживачів необхідність використання системи саме з підвищеною завадостійкістю та чому саме обрати нашу систему.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської дисертації була досягнена поставлена мета, а саме створена медична система підтримки прийняття лікарем діагностичних рішень для підвищення якості надання медичних послуг, на основі автоматизованих, диференціальних алгоритмів постановки діагнозу.

Проаналізувавши об'єкт дослідження дипломного проекту, було поставлено наступні завдання:

1. Аналіз проблеми та огляд існуючих рішень;
2. Розробка математичної моделі СППРЛ;
3. Розробка математичної моделі СППРЛ у вигляді диференціальних алгоритмів діагностики захворювань;
4. Розробка алгоритму обробки зображень для отримання діагностично значимих параметрів;
5. Розробка концептуальної моделі СППРЛ діагностичних рішень;
6. Розробка структурної схеми програми СППРЛ;
7. Розробка веб-сайту підтримки прийняття діагностичних рішень лікарем.

На сайті реалізований необхідний функціонал СППРЛ:

- надання практикуючим лікарям відповідей по постановці діагнозу, в умовах невизначеності, з урахуванням оцінки обмежень які сформувались і уподобань пацієнта;
- введення, зберігання, зміна, видалення даних і їх аналіз;
- формування списку різних варіантів діагностики;
- надання лікарям можливості інтелектуальної діагностики пухлинного процесу;

- вибір найкращого, з точки зору лікаря, альтернативного варіанту діагностики захворювання, виходячи з обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем.

Розроблена комп'ютерна автоматизована система, створена для полегшення процесу прийняття рішення діагностики та лікування захворювань. Вона дозволяє збільшити точність встановленого діагнозу та отримати важливі результати при оброблені діагностичних зображень злоякісних пухлин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hinton G. E., Vinod Nair. Rectrified Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines. 2011. – pp. 56–66.
2. Hinton, G. E. “Reducing the dimensionality of data with neural networks” / G. E. Hinton, and R. R.Salakhutdinov. // Science. – 28 July 2006. – Vol. 313. – No. 5786. – pp. 504–507.
3. Hinton, G. E. A practical guide to training restricted Boltzmann machines. (Tech. Rep. 2010-000). Toronto: Machine Learning Group, University of Toronto. 2010. – pp.160–169.
4. Katkovnik, V. “Spatially adaptive support as a leading model selection tool for image filtering” / V. Katkovnik, A. Foi, K. Dabov, and K. Egiazarian // Proc. First Workshop Inf. Th. Methods Sci. Eng., WITMSE, Tampere, August 2008. – pp. 365–457.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.:Техносфера, 2005. – 635 с.
6. Сойфера В. А. Методы компьютерной обработки изображений / под редакцией В. А. Сойфера. – Москва: Физматлит, 2003. – 698 с.
7. Фисенко В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособ. / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
8. Розенштраух Л. С. Невидиме стало зримим (успіхи і проблеми променевої діагностики). -М.: Знання, 1987.- 64 с.
9. Коновалов О. Н., Корнієнко В.Н. Комп'ютерна томографія в нейрохірургічній клініці. -М. :Медицина, 1988. — 346 с.
10. Фізика візуалізації зображень до медицини: У 2-х томах. Т. 1: Пер. з англ. /Под ред. С. Уэбба. -М. :Мир, 1991.- 408 с

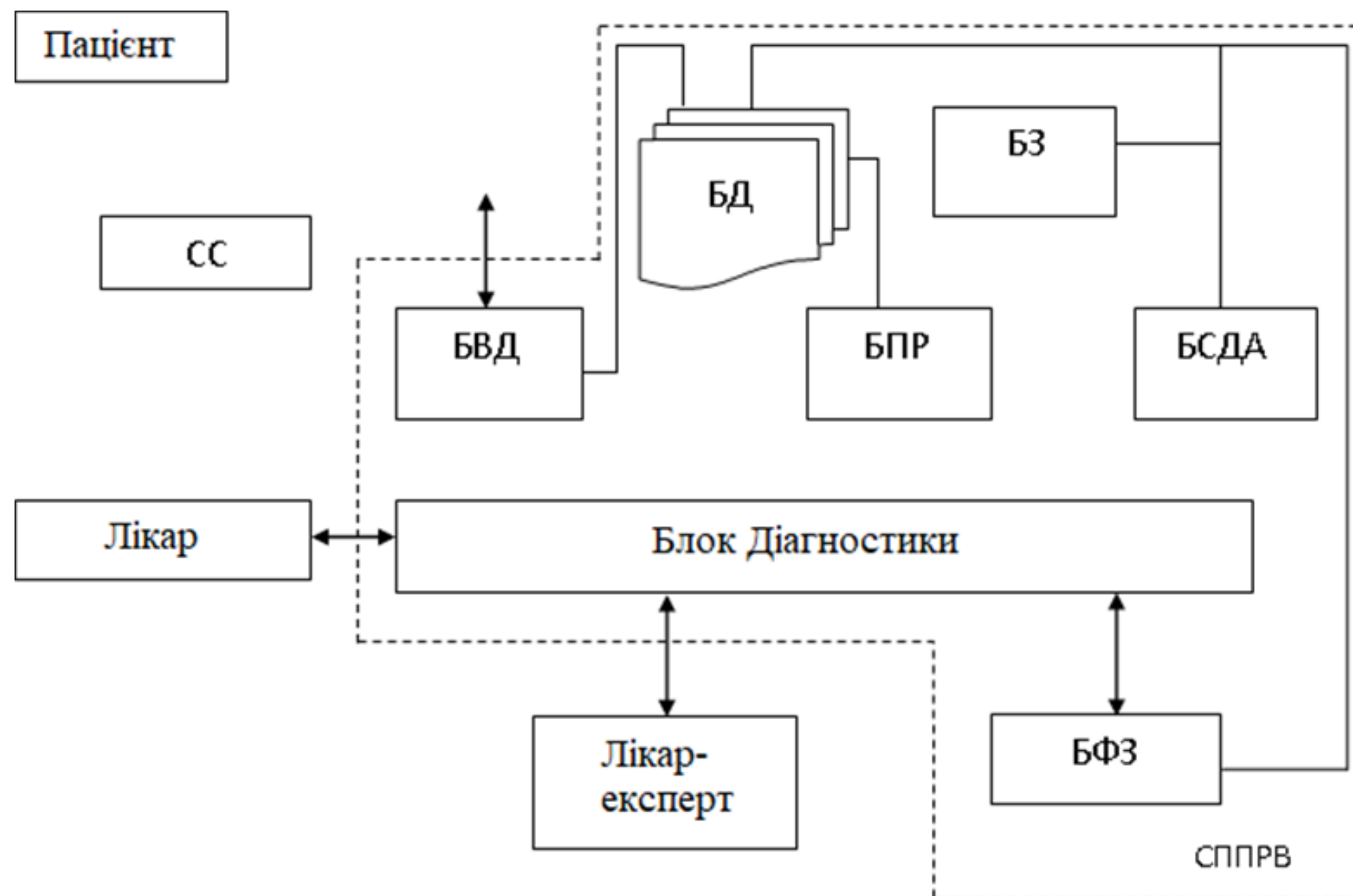
11. Антонов А. О., Антонов О. С., Лыткин С. А. //Мед. техника. -1995.- № 3  
— с. 3–6
12. J. Horn, N. Nafpliotis, and D. E. Goldberg, “A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization,” In Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, vol. 1, pp. 82-87, 1994.
13. S. Watanabe, T. Hiroyasu, and M. Miki, “NCGA: Neighborhood Cultivation Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization Problems,” Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2002, pp. 458-465.
14. E. Zitzler, K. Deb, and L. Thiele, “Comparison of multiobjective evolutionary algorithms: Empirical results,” Evolutionary Computation, vol. 8, pp. 173-195, 2000.
15. E. Zitzler and L. Thiele, “Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength Pareto approach,” IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 3, no. 4, pp. 257-271, 1999
16. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel, “Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition,” Neural Computation, Winter, 1989, pp. 541- 551.
17. H. Lee, R. Grosse, R. Ranganath, and A. Y. Ng, (2009a). Convolutional deep belief networks for scalable unsupervised learning of hierarchical representations. In ICML’2009.
18. Alex Krizhevsky, Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images, 2009.
19. Nitish Srivastava, Geoffrey Hinton, Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Ruslan Salakhutdinov. Dropout: A simple way to prevent Neural networks from Overfitting (2014).

## ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Концептуальна модель СППРЛ

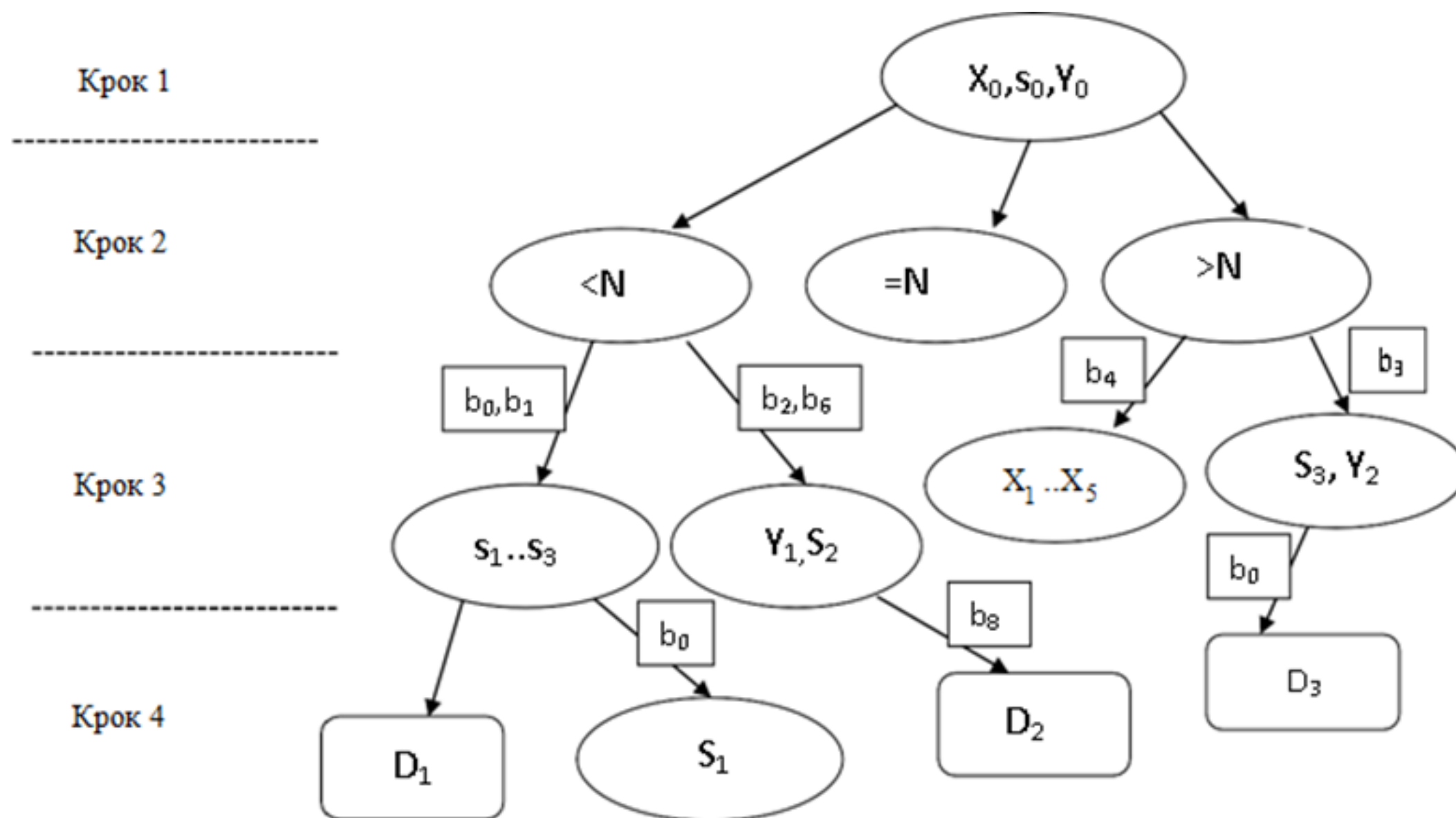




Демонстраційний плакат №1  
до дипломної роботи на тему  
„Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики”  
Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.

## ДОДАТОК Б

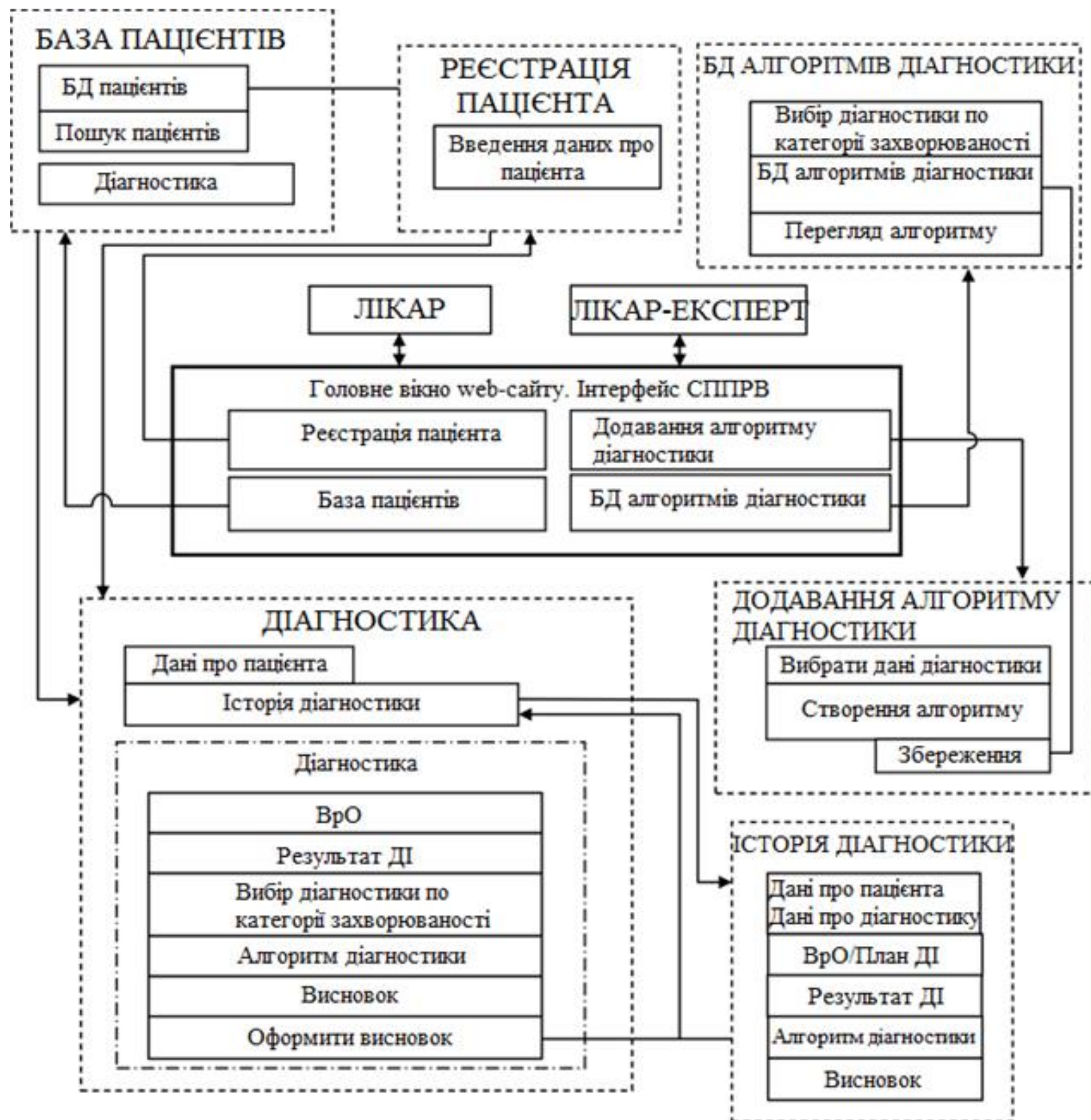
Структура симантичної моделі по діагностичним показникам



Демонстраційний плакат №2  
до дипломної роботи на тему  
„Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики”

Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.

ДОДАТОК В  
Структурна схема СППРЛ

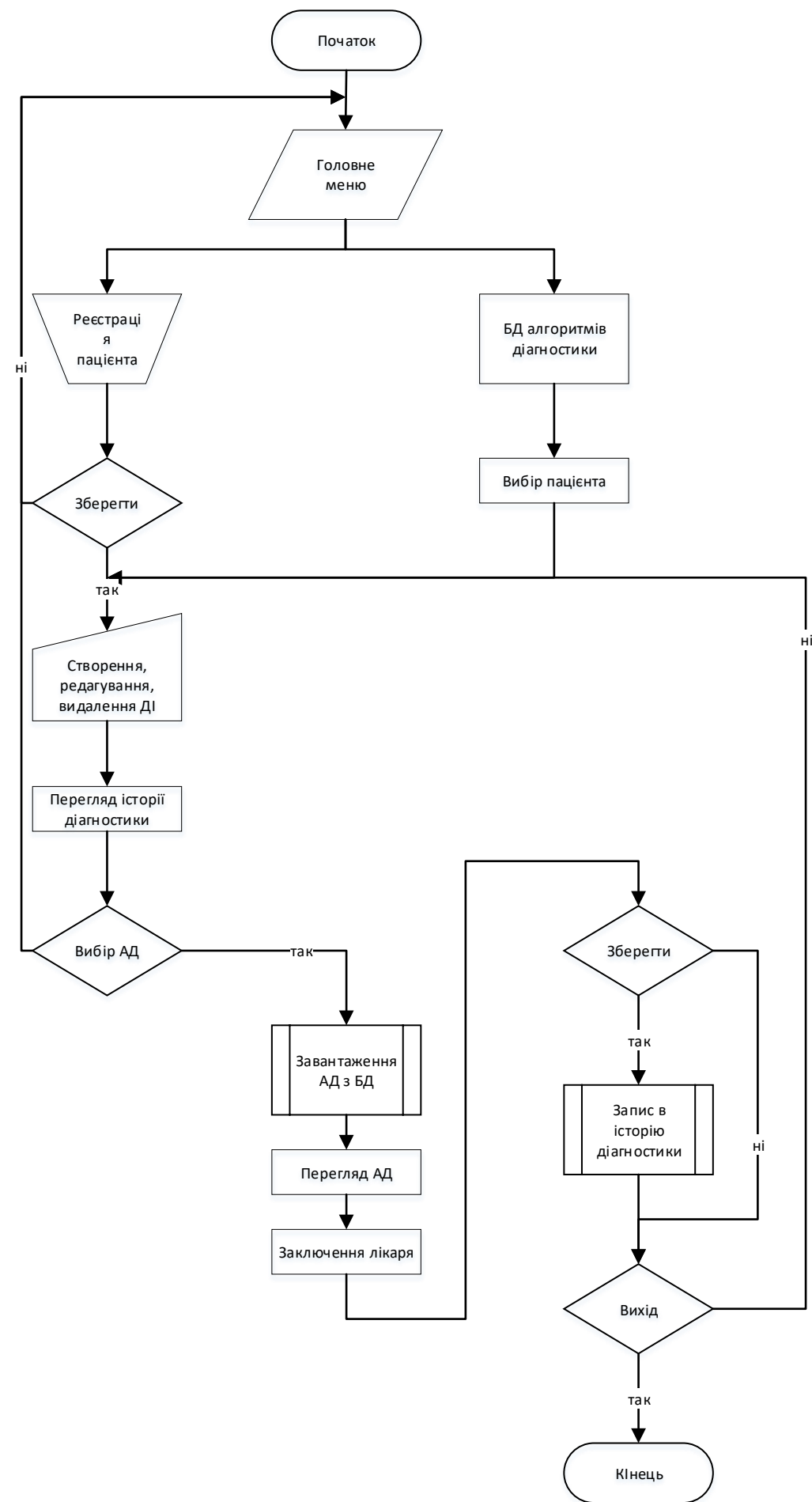


Демонстраційний плакат №3  
до дипломної роботи на тему  
„Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики”

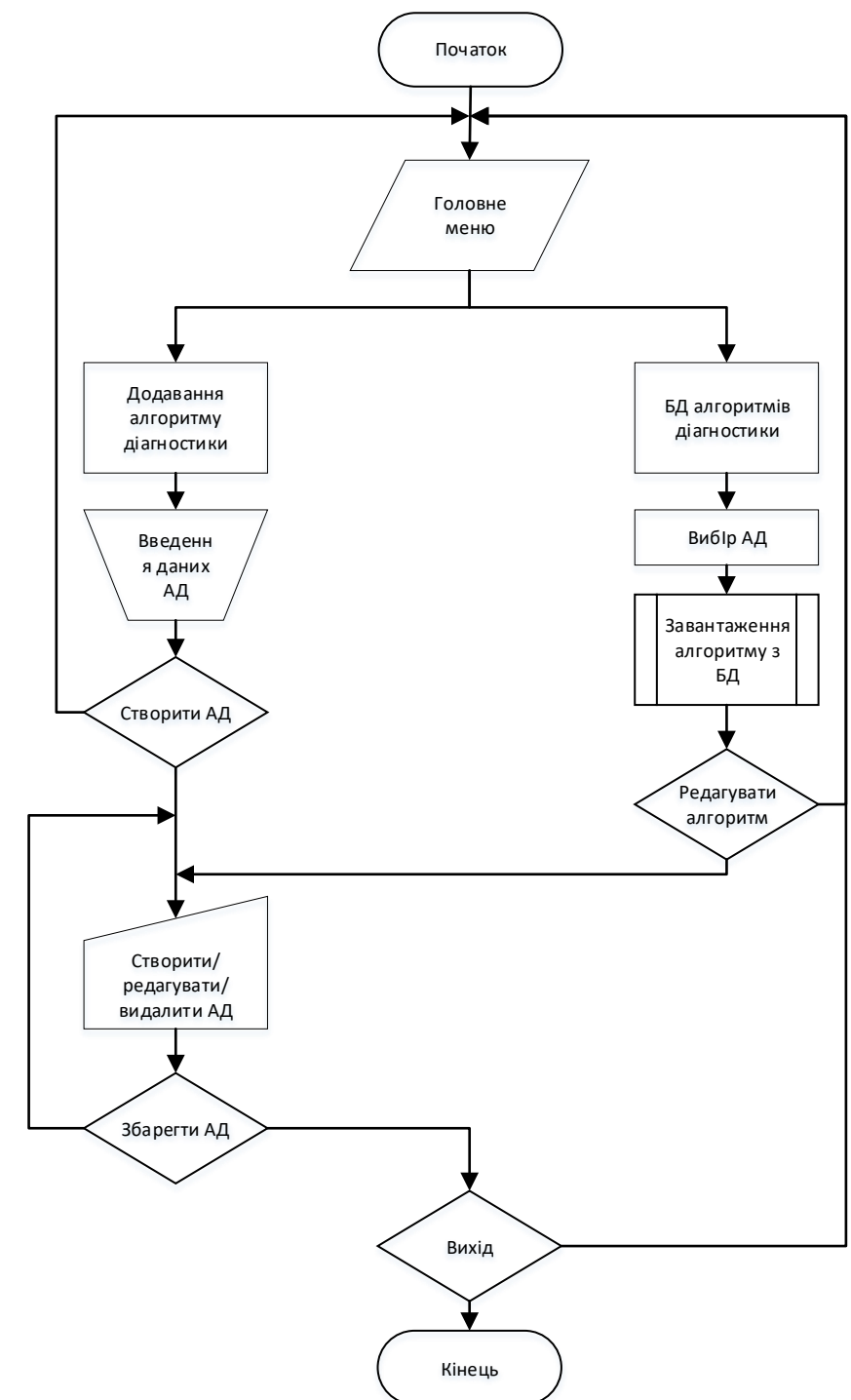
Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.

ДОДАТОК Г

Алгоритми роботи блоків



Алгоритм роботи розділів «Реєстрація пацієнта» і «База пацієнтів»



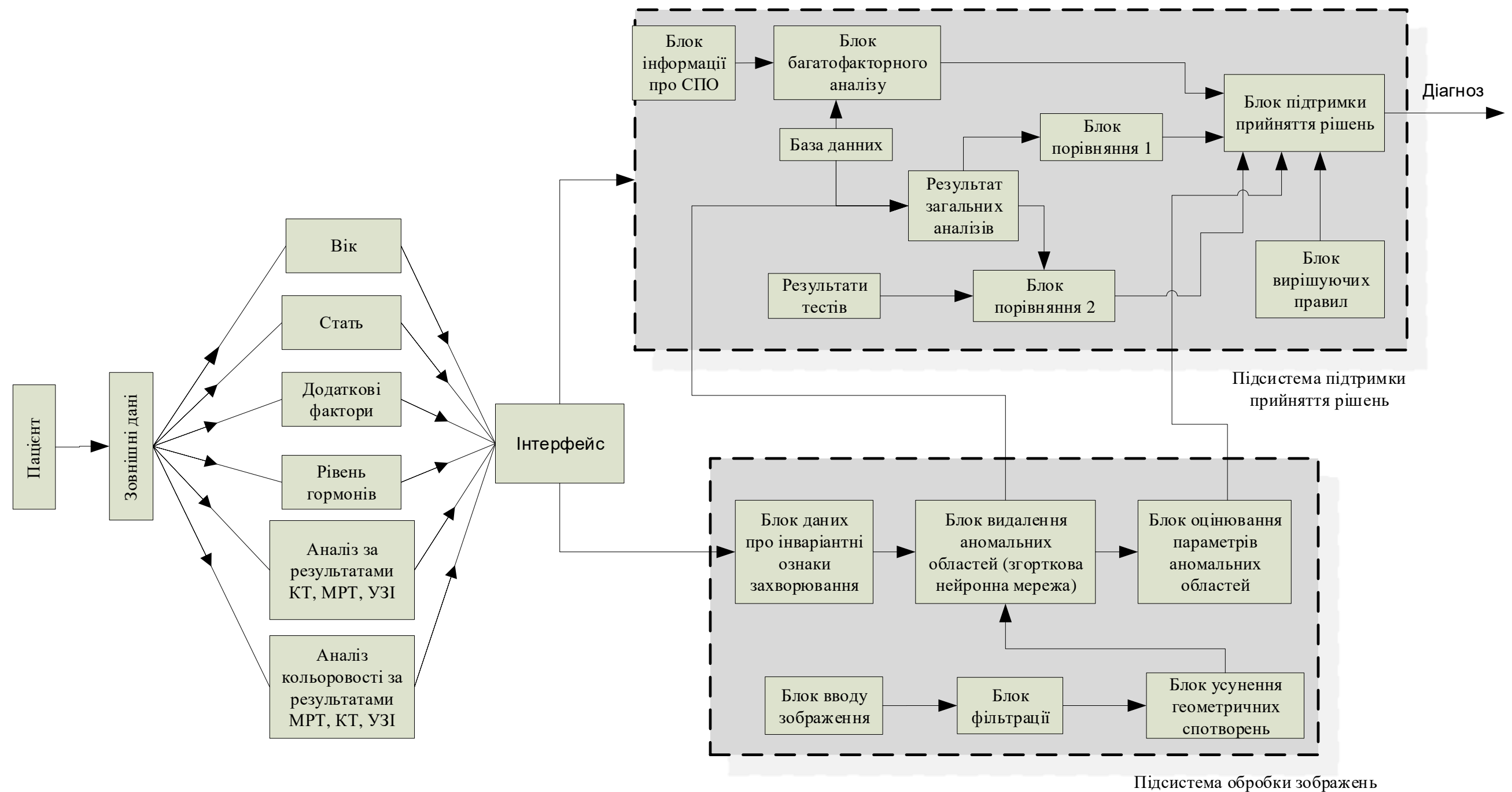
Алгоритм роботи блоків «Додавання алгоритм діагностики» і «БД алгоритмів діагностики»

Демонстраційний плакат №4  
до дипломної роботи на тему  
«Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики»  
Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.

ДОДАТОК Д

Структурна схема інтелектуальної діагностики





Демонстраційний плакат №5  
до дипломної роботи на тему  
„Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики”  
Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.

ДОДАТОК Е

Скріншоти роботи веб-сайту

Головне вікно веб-сайту СППРЛ

Додавання алгоритму діагностики

Введіть назву

Синдроми ТТГ - Іванов І.І.

Виберіть категорію захворювання, що буде діагностуватися

☐ I. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби

☐ II. Новоутворення

☐ III. Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення з залученням імунного механізму

☐ IV. Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин

☐ V. Розлади психіки та поведінки

☐ VI. Хвороби нервової системи

☐ VII. Хвороби ока та його придаткового апарату

☐ VIII. Хвороби вуха та соскоподібного відростка

☐ IX. Хвороби системи кровообігу

☐ X. Хвороби органів дихання

☐ XI. Хвороби органів травлення

☐ XII. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини

☐ XIII. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини

☐ XIV. Хвороби сечостатевої системи

☐ XV. Вагітність, пологи і післяпологовий період

☐ XVI. Окремі стани, що виникають у пренатальному періоді

☐ XVII. Вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення

☐ XVIII. Симптоми, ознаки та відхилення від норми, виявлені при клінічних та лабораторних дослідженнях

☐ XIX. Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин

☐ XX. Зовнішні причини захворюваності та смертності

☐ XXI. Фактори, що впливають на стан здоров'я населення та звертання до закладів охорони здоров'я

ЗберегтиСкинути

вікно «Додавання алгоритму діагностики»

Алгоритм

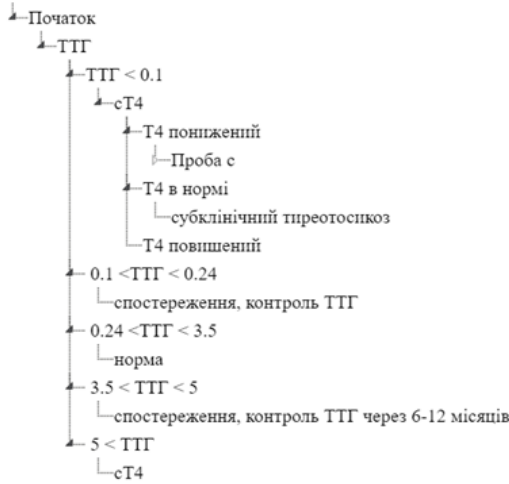
СтворитиРедагуватиВидалити гілкуЗберегти алгоритмВидалити алгоритм



Приклад створення паралельних гілок

Алгоритм

СтворитиРедагуватиВидалити гілкуЗберегти алгоритмВидалити алгоритм



Диференціальний алгоритм діагностики синдрому ТТГ

Демонстраційний плакат №6  
до дипломної роботи на тему  
„Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень в завданнях медичної  
діагностики”

Розробив: Войтюк О.О.  
Прийняла: Чумаченко О.І.